МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Факультет лісового і садово-паркового господарства
Кафедра лісового господарства

Денна форма навчання

Допущено до захисту
“_____” _____ 20___ р.
Завідувач кафедри к.б.н., доцент
_____ Світлана АДАМЕНКО

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
освітнього рівня «Магістр»

ДОСВІД СТВОРЕННЯ КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ ВЕРБОВИХ ПЛАНТАЦІЙ В УМОВАХ БОЯРСЬКОЇ ЛІСОВОЇ ДОСЛІДНОЇ СТАНЦІЇ

Виконав студент ІІ курсу, групи 21 м-лг
освітньої програми «Лісове господарство»
спеціальності 205 «Лісове господарство»
Коверко Ілля Вікторович

Керівник к.с.-г.н., доцент Іщук Г.П.

УМАНЬ – 2024

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

Факультет лісового і садово-паркового господарства

Кафедра лісового господарства

Освітньої програми «Лісове господарство»

Спеціальності 205 «Лісове господарство»

Затверджую

Завідувач кафедри

_____ Світлана АДАМЕНКО

“_____” _____ 20___ р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студенту Коверку Іллі Вікторовичу

1. Тема роботи: Досвід створення короткоротаційних вербових плантацій в умовах Боярської лісової дослідної станції.

Керівник роботи Адаменко Світлана Анатоліївна, к. б. н., доцент

затвержена наказом ЗВО від «___» _____ 20__ р. №_____

2. Строк подання студентом роботи «14» листопада 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи:

Таксаційні книги та книги обліку лісових культур Боярської ЛДС, результати польових досліджень.

4.Перелік питань, які потрібно розробити:

– встановити видовий і сортовий склад верб придатних для енергетичних плантацій;

– проаналізувати світові і вітчизняні технології плантаційного вирощування верби ;

– оптимізувати способи обробітку ґрунту під плантації верб;

– запропонувати технологію садіння а догляду верб на плантаціях;

– показати економічну оцінку створення та експлуатації плантацій верб.

5. Консультанти розділу роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Трус Олександр Миколайович, доцент кафедри прикладної інженерії та охорони праці		

6. Дата видачі завдання – 13.09.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Огляд літератури	25.11.2023	виконано
2.	Методична частина	25.02.2024	виконано
3.	Дослідницька частина	25.09.2024	виконано
4.	Оформлення роботи	10.11.2024	виконано
5.	Перевірка на плагіат	15.11.2024	виконано
6.	Подання на рецензування	12.11.2024	виконано
7.	Попередній розгляд на кафедрі	30.10.2024	виконано

Студент _____ Ілля КОВЕРКО

Керівник роботи _____ Світлана АДАМЕНКО

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ…….. 5
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ……..... 6
ВСТУП…….. 7
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА АВТОХТОННИХ ВЕРБ….. 10
1.1. Історія вирощування верб…… 10
1.2. Перспективи використання автохтонних видів родини *Salicaceae* Mirb. як енергетичних культур…… 15
1.3. Роль відновлювальних джерел енергії в екологічних аспектах зміни клімату планети……. 20
1.4. Використання біомаси в паливно-енергетичній галузі…… 27
РОЗДІЛ 2. ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ…..... 32
2.1. Природні умови регіону досліджень……. 32
2.2. Об’єкти досліджень …… 36
2.3. Методики досліджень……. 36
РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ КОРОТКОРОТАЦІЙНИХ ПЛАНТАЦІЙ ВЕРБ В УМОВАХ БОЯРСЬКОЇ ЛДС……... 40
3.1. Підготовка ґрунту і внесення добрив під плантацію верби…… 40
3.2. Технології садіння енергетичної верби…… 46
3.3.Технологія догляду за плантаціями верби……..... 55
3.4.Збирання енергетичної верби…… 61
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ІЕРЕРОБЛЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ…… 65
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ НА БОЯРСЬКІЙ ЛДС ТА МОДЕЛЮВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ СИТУАЦІЙ…….. 69
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ……..……... 71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……. 74
ДОДАТКИ…….. 82

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційну роботу присвячено обґрунтуванню технологій створення та експлуатації короткоротаційних плантацій енергетичних верб в умовах Боярської ЛДС.

Проаналізовано асортимент верб, передумови і перспективи створення та експлуатації короткоротаційних плантацій енергетичних верб в Україні, Західній Європі та США. Встановлено оптимальні способи обробітку ґрунту в умовах лісостепової зони під закладання плантацій верб. На основі аналізу щільності садіння верб за американською, західноєвропейською та скандинавською технологіями обґрунтовано застосування української технології на базі Боярської ЛДС.

Запропоновано технологію догляду за плантаціями верби, що включає в себе механічну і хімічну боротьбу з бур'янами, шкідниками та хворобами. Проаналізовано способи збирання верби та варіанти механізмів для збору і подрібнення прутів верби. Подано економічну оцінку ефективності створення та експлуатації вербових плантацій за українською технологією садіння і збирання.

Робота виконана на 85 сторінках, основний текст викладено на 74 сторінках друкованого тексту, включає реферат, вступ, п'ять розділів (13 таблиць та 21 рисунок), 79 літературних джерел та два додатки.

Ключові слова: енергетична верба, плантація, технологія, сорти, підготовка ґрунту, схема садіння, догляд, збирання верби.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ЛДС - Лісова дослідна станція

ВДЕ - Відновлювальні джерела енергії

ВСТУП

Розвиток світової цивілізації тісно пов'язаний з енергетичними ресурсами, що суттєво впливають на незалежну політику країни. Враховуючи сучасну енергетичну кризу, породжену нестачею викопних видів палива, все більше актуальним стає питання використання відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) та сталого розвитку економіки. Вдосконалення існуючих засад використання природно-ресурсного потенціалу, обґрунтування шляхів ефективного використання його резервів зумовлені до розв‘язання енергетичних проблем [23].

В Україні в останнє десятиліття значна увага приділяється підвищенню ефективності використання біопалива та біоенергії, що дозволяє зменшити залежність національної економіки від імпорту енергоносіїв, знизити її енергоємність і забезпечити економічний розвиток [21, 2442, 43].

Доля впровадження біоенергії в розвинутих країнах не однакова. Більшість країн тільки починають використовувати свій ресурсний потенціал, в той час як інші європейські країни, такі як Швеція, Данія, Фінляндія, Норвегія вже створили високотехнологічний промисловий сектор біоенергетики і в значній мірі задіяли його. Зокрема, на основі біомаси створено ефективні системи виробництва комбінованої тепло- та електроенергії [3, 10, 66, 75, 77]. Нові держави-учасники ЄС, наприклад, Молдова, Румунія, Болгарія, Польща, країни Балтії, та Україна володіють значними сировинними запасами, однак, цей потенціал залишається значною мірою невикористаним або використовується не ефективно через відсутність інвестицій у сучасні технології вирощування та перероблляння біомаси [72, 74].

За останні роки в Україні все таки відбуваються позитивні зміни в енергетичній політиці, спрямовані на просування біомаси в якості палива, чому сприяє усвідомлення технічної раціональності спалювання біомаси у вигляді паливної щепи, пелет та гранул. Відбувається становлення внутрішнього ринку твердих видів біопалива, що створює потребу у якісній сировині для їх

виготовлення

Науковими закладами, спеціалістами, науковцями здійснено ряд досліджень з метою створення високопродуктивних енергетичних плантацій біоенергетичних культур. Особливо високу продуктивність біомаси для виробництва біопалива забезпечують нові сорти та гібриди енергетичної верби «Salix», які за врожайністю сухої біомаси, ефективністю акумуляції сонячної енергії та екологічністю технологій вирощування значно переважають існуючі вітчизняні види. З перспективними високопродуктивними сортами та гібридами проводиться робота з інтродукції і впровадження їх у виробництво. Поряд з тим вони також потребують скрупульозних досліджень, особливо стосовно різних ґрунтово-кліматичних зон України.

Мета – експериментально обґрунтувати технологію створення та експлуатації короткоротаційних плантацій верб в умовах Боярської лісової дослідної станції.

Досягнення поставленої мати зумовило до необхідності вирішення наступних основних *завдань*:

– проаналізувати ресурсну базу видів і сортів верб в Україні для створення біоенергетичних плантацій;

– запропонувати оптимальні способи підготовки ґрунту під короткоротаційні плантації верб;

– дослідити терміни садіння та варіанти щільності насаджень верби у плантаціях;

– розробити оптимальну технологію догляду за плантаціями верб;

– розрахувати економічну ефективність створення та експлуатації плантацій верб в умовах Боярської ЛДС.

Об’єкт дослідження –створення та експлуатація короткоротаційних плантацій енергетичних верб в умовах Боярської ЛДС.

Предмет дослідження – обґрунтування технології створення короткоротаційних плантацій енергетичних верб в умовах Боярської ЛДС.

Методи дослідження. У процесі виконання кваліфікаційної роботи

застосовано загальнонаукові (аналіз, системний підхід, синтаз, історичні, картографічні, описові, узагальнення), емпіричні (спостереження, експеримент, вимірювання, порівняння), спеціальні (біометрії, лісової таксації, лісівництва, лісової меліорації, ґрунтознавства) методи досліджень.

Наукова новизна одержаних результатів. У магістерській роботі узагальнити основні теоретичні положення технології плантаційного вирощування верб на прикладі досвіду Боярської ЛДС.

Практичне значення одержаних результатів. Результати отриманні здобувачем вищої освіти мають як практичне так і теоретичне значення і можуть застосовуються під час викладання навчальних дисциплін: «Лісові культури», «Лісовідновлення», «Захисне лісорозведення», «Розсадництво» в Уманському національному університеті садівництва.

Особистий внесок. Кваліфікаційна робота є власним науковим дослідженням здобувача вищої освіти. Встановлення мети, завдання та способів її досягнення особисто автору.

Апробація результатів роботи. Результати наукових досліджень обговорені на засіданні студентського наукового гуртка кафедри лісового господарства та на Всеукраїнській наук.-практ. конф. «Перспективи розвитку лісового». Умань. 30 жовтня 2024 р.

Публікація. Коверко І.В. Способи обробітку ґрунту під плантаційне вирощування верб у лісництві боярської лісової дослідної станції. Перспективи розвитку лісового господарства (30 жовтня 2024 р.). Редкол.: В. В. Поліщук (відп. ред.) та ін. Умань: ВПЦ «Візаві», 2024. С. 101-103.

РОЗДІЛ 1
ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА АВТОХТОННИХ ВЕРБ

1.1. Історія вирощування верб

Спонтанне вирощування верб мало місце з давніх-давен, проте перші масштабні насадження цієї культури, відомі з історичних джерел, були проведені у Нідерландах для створення і одночасного закріплення дамб, які до сьогодні захищають земельні угіддя цієї країни від Північного моря [63]. Здавна вирощують вербу в Данії, де перші значні за площею штучні насадження верби відносяться до часів правління короля Крістіана V (1670-1690 рр.). У подальшому плантаційним вирощуванням верб (в основному чагарникових) стали займатись практично по всій західній Європі. Пік цієї діяльності припадає на кінець XIX - початок XX століття, коли в моді були найрізноманітніші вироби з вербового пруту. Особливо великого розмаху набрало плантаційне вирощування вербового пруту в Німеччині (110 тис. га) [51, 55].

В Україні вперше масовий інтерес до вирощування вербового прута з‘являється у 80-х роках XIX століття на практично безлісому півдні України (Одеська та Херсонська області). Це пояснювалось модою на галантерейні вироби та меблі з лози, що охопила в той час усі країни Європи. У 1882 році в Одесі вже існувало 6 майстерень з плетіння галантерейних виробів з лози. Очищений прут та стрічки з нього одержували з-за кордону - з Баварії, Ганноверу [7, 33]. Стає цілком зрозумілим інтерес до культивування лози саме в прилеглих до Одеси районах, адже місцева сировина, через малі витрати на транспортування, була значно дешевшою. Тому перші наукові роботи в колишній Російській імперії, присвячені вирощуванню верб для заготівлі прута, були опубліковані саме в Одесі на початку XX століття [39].

Перші роботи з культивування верби в умовах півдня України – це здебільшого переклади порад відомих на той час німецьких дослідників, таких як Гоше, Шредер, Крае, Шульце, Дохналь, Брінкмайер та інших з деяким

критичним аналізом та поправкою на різницю в ґрунтово-кліматичних умовах. На початку 30-х років минулого століття почали видаватись монографії з цієї проблеми, складені радянськими дослідниками. На той час площі плантацій верби в Україні зросли майже до 1 тис. га.

У Болгарії вирощування верби досліджували Ц. Цанов та ін.; в Угорщині – К. Томпа; у Польщі – Р. Домański, С. Ежевський, А. Кавецька. Окремими аспектами культивування верб займалися також чеські та словацькі дослідники [4, 55].

В останні десятиріччя, коли гостро постала проблема екології, Україні, а також і в інших країнах з'явилися дослідження, пов'язані з використанням верби для заліснення відвалів, техногенних пісків, околиць хімічних підприємств, що піддаються впливу шкідливих викидів, стоків тощо. [77].

Фінські вчені вивчають можливості підживлювати плантації верби промисловими стоками. У країнах Західної Європи та Північної Америки цікавість до культивування верб дуже зросла у вісімдесятих роках минулого століття. Загострення світової енергетичної кризи змусило більшість цих країн розробити спеціальні національні енергетичні програми, направлені на скорочення споживання викопних енергоносіїв і заміну їх іншими джерелами енергії, зокрема біомасою швидкоростучих порід дерев. За глибокої хімічної переробки з деревної біомаси можна також виготовляти паливо для двигунів внутрішнього згоряння. Одержання достатньої кількості деревини повинні забезпечити спеціальні енергетичні плантації, на яких окрім тополі, вільхи та акації, широко використовуються і верби. Проведенню масових робіт із закладання енергетичних плантацій передують наукові дослідження, в яких вивчається в основному можливість успішного їх створення на малопродуктивних землях. Так, фінські дослідники розробляють технологію створення вербових плантацій на вироблених торфовищах і на землях, що вийшли з-під сільськогосподарського користування [69]. У Швеції вивчається можливість створення подібних насаджень на підсушених сфагнових болотах, а також вплив добрив та мікоризи на приживання і ріст живців чагарникових

верб [78, 79]. Питання створення та використання плантацій швидкоростучих порід зацікавили і німецьких вчених, деякі з них вважають за доцільне, у зв'язку з перевиробництвом продукції сільського господарства, вивільнити для закладання енергетичних плантацій 20 % оброблюваних земель. Британські дослідники вивчають проблему оптимального удобрення плантацій верб [67, 68, 70, 71].

Північноамериканські вчені у 1980 році пропонували для створення енергетичних плантацій в штаті Міннесота використати 2 млн. га торфовищ і доводили, що за рахунок деревної біомаси можна на 78 % задовольнити існуючу на той час потребу в енергії цього штату. Найефективнішим способом розмноження верби рекомендовано безпосереднє саджання мікропагонів (живців) в удобрений субстрат. Вивчався також можливий вихід біомаси для деяких чагарникових верб Північної Америки [76].

Українські вчені також вивчали проблеми культивування чагарникових верб. Питання селекції верб для одержання нових гібридних форм вивчали І.Д. Василенко та Н.В. Старова. Дослідження з технологій вирощування верби проводились в Українському науково-дослідному і конструкторсько-технологічному інституті місцевої промисловості. Проблемами вирощування плантацій верби в умовах долини Середнього Дністра тривалий час займалися працівники Вінницької лісової дослідної станції. Схожі дослідження проводились у Ново-Ушицькому лісгоспі об'єднання Хмельницького обласного управління лісового і мисливського господарства, де впродовж 1988-1992 років створено маточну плантацію із 23-х різновидів верб на площі 2,3 га та промислові плантації на площі 14 га. Серед лісогосподарських підприємств варто також відзначити підприємство «Тур» (Волинська область), в якому для забезпечення виробництва було створено плантацію верби площею 35 га [12, 13, 23, 60, 62].

З розвитком зеленої енергетики площі біоенергетичних рослин в європейських країнах стрімко зростають (рис. 1.1.). Лідерами є Швеція (20 тис. га верби і 550 га тополі), Польща (9 тис. га верби і 300 га тополі), Данія (5,7 тис.

га верби і 2,8 тис. га тополі) та Україна (близько 5 тис. га верби і 300 га [23, 21].

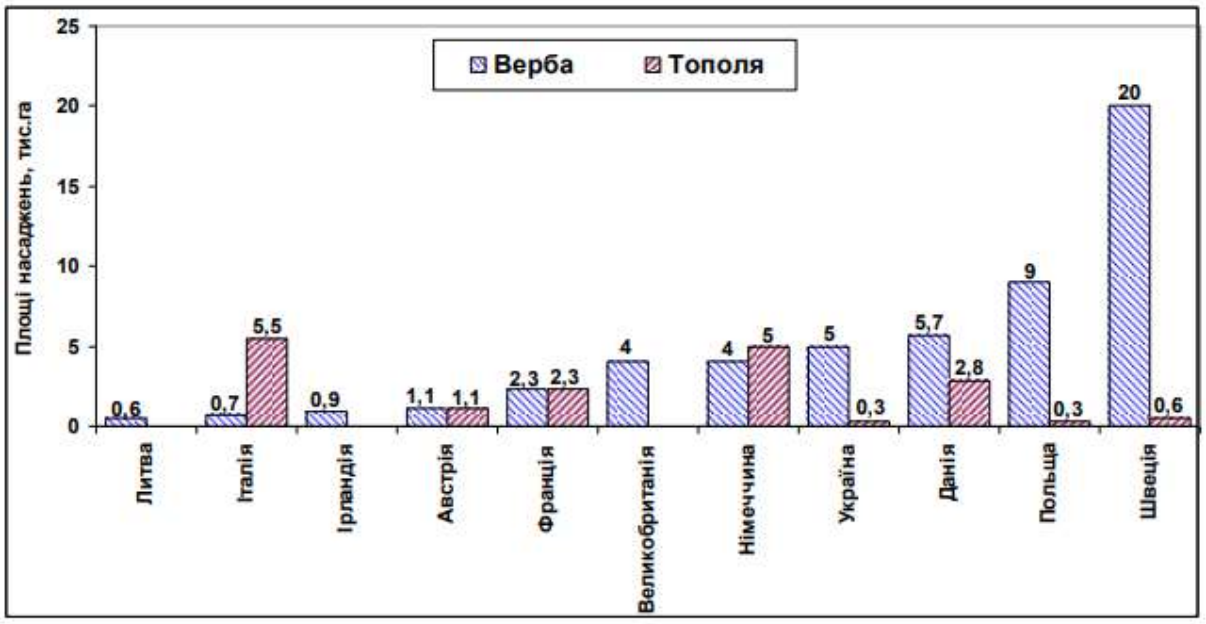


Рис. 1.1. Площа плантацій енергетичної верби та тополі в європейських країнах

Відсутність у достатній кількості власних енергоносіїв та високі ціни на їх імпорт створюють в Україні сприятливі економічні передумови до розширення площ біоенергетичних рослин, серед яких верба займає ключове місце. Крім того, збільшення площ плантацій енергетичної верби позитивно вплине на рівень залісненості територій. Ліси України є найпотужнішим з факторів, що стабілізують на певному рівні функціональну організацію природних екосистем, посилюють їхню стійкість до антропогенного впливу і змін клімату. Ліси також мають важливе значення для запобігання ерозії ґрунтів і деградації ґрунтового покриву [1, 15].

Середня залісненість території України становить 15,6%, що є одним з найнижчих показників серед країн Європи (рис. 1.2.). У середньому в світі лісистість досягає 29%, а в Європі перевищує 41%. Наші найближчі сусіди – Польща, Болгарія, Чехія наближаються до оптимального рівня лісистості – понад 30%. Порівняно з середньоєвропейськими показниками в нашій державі рівень лісозабезпечення є одним з найнижчих – на одного мешканця припадає близько 0,2 га лісів. Україна, поряд з Великобританією, Нідерландами,

Іспанією, Італією відноситься до лісодефіцитних країн, тому її політика у цій сфері спрямована, головним чином, на відновлення лісових ресурсів [3].

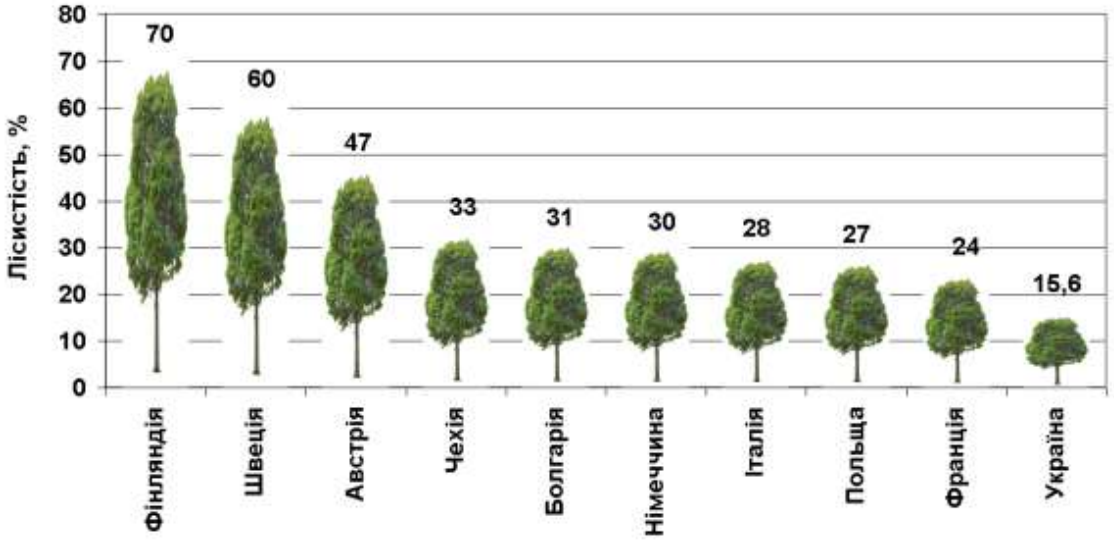


Рис. 1.2. Частка лісів в структурі земельних угідь.

Таблиця 1.1

Показники лісозабезпеченості в Європі

Регіони	Загальна площа, тис, га	Площа лісів, тис. га	Лісистість, %	Площа лісів на 1 мешканця, га
Уся Європа	2260128	933326	41,3	1,3
Північна Європа	112329	52538	46,8	2,8
Західна Європа	245569	59479	24,2	0,2
Східна Європа	1902230	821309	43,2	2,4
Україна	60363	9400	15,6	0,2

Потенційними для заліснення передусім є непридатні для сільськогосподарського використання землі, яких у структурі земельних угідь України за даними академіка Сайка В.Ф. є до 8 млн. га. Частину цих земель (до 25%) можна використати для вирощування багаторічних біоенергетичних культур [53].

Закладання плантацій деревних енергетичних рослин (верба, тополя та інші) на площі 1,5 млн. га дозволить збільшити площі лісів в Україні до 10,9 млн. га, що підвищить частку лісів з 15,6 % до 18,1 %. [43].

1.2. Перспективи використання автохтонних видів родини *Salicaceae* Mirb. як енергетичних культур

У зв'язку з скороченням імпорту природного газу перед Україною постала проблема розвитку енергозберігаючих технологій і пошук альтернативних джерел палива. Незважаючи на це, в Україні розвиток виробництва та використання твердих видів біопалива стримується та відстає як від внутрішніх потреб країни, так і від світової динаміки його розвитку.

У промислово розвинених країнах тверде біопаливо відіграє істотну роль в енергозабезпеченні, зокрема, у США його частка становить близько 4 %, у Данії – 6 %, у Канаді – 7 %, в Австрії – 14 %, у Швеції – 16 % від загального споживання первинних енергоресурсів (рис. 1.3). [66]. Варто зазначити, що альтернативні джерела енергії повністю забезпечують потребу в енергії в Австрії – 22,0 %, Швеції і Норвегії – 45–55 %. До того ж Німеччина, Австрія, Швеція та Норвегія планують до кінця поточного століття повністю перейти на відновлювані види енергії. За матеріалами Програми ООН, частка відновлюваних джерел енергії у загальносвітовому паливно-енергетичному балансі у 2050 р. може досягти 50 %, а відповідно до прогнозу Світової енергетичної Ради, на кінець поточного століття вона сягне 80–90 % [46, 24, 31, 49]. Таким чином, за значенням біомаса посідає четверте місце серед палив і забезпечує 14 % загального споживання первинних енергоносіїв у світі (у країнах, що розвиваються – понад 30 %, іноді до 50–80 %) [5].

Найбільша в Європі електростанція, що працює на деревній біомасі, знаходиться в Зіммерінзі (Австрія). Потужність електростанції 66 мВт. Електростанція щорічно споживає 190 000 тон біомаси, яка збирається в радіусі 100 км від станції. Робота станції дозволяє скоротити щорічні викиди CO_2 на 144 000 тонн. Німеччина щорічно може виробляти в енергетичних лісах 20000000 м³ деревини [25]. У травні 2008 року Конгрес США прийняв закон «HR2419, the Food, Conservation, and Energy Act of 2008», який передбачає щорічне фінансування енергетичного лісівництва в США в розмірі 15 млн. доларів [9, 31].

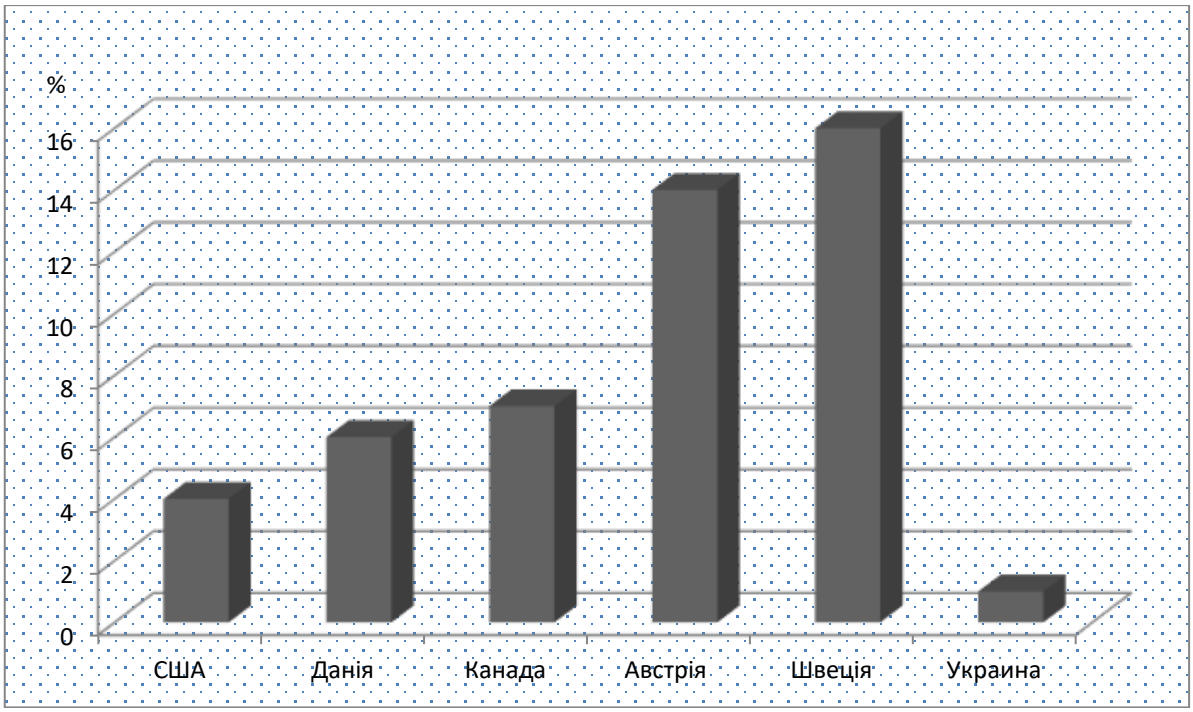


Рис. 1.3. Частка твердого біопалива від загального споживання енергоресурсів у країнах Європи та США

Україна щорічно споживає близько 200 млн. тонн паливно-енергетичних ресурсів і належить до енергодефіцитних країн, через те, що покриває свої потреби в енергоспоживанні приблизно на 53 % і імпортує 75 % необхідного обсягу природного газу та 85 % сирої нафти і нафтопродуктів. Така структура паливно-енергетичних ресурсів економічно недоцільна, породжує залежність економіки України від країн-експортерів нафти і газу і є загрозливою для її енергетичної та національної безпеки [47, 50].

Економічно доцільний потенціал біомаси в Україні оцінюється у 27 млн. т/рік, де основними складовими його є сільськогосподарські відходи та енергетичні культури [66]. Разом з тим, виробництво твердого біопалива в Україні у 2021 р., за оцінками експертів становило близько 300,0 тис. т/рік, з яких 95 % експортувалось у країни ЄС [46, 31]. Таким чином, нова для економіки України галузь є на сьогодні експортноорієнтованою.

На сьогодні відомо кілька десятків швидкорослих рослин, які можна вирощувати для отримання рослинної біомаси. Це евкаліпт, тополя, верба,

акація, міскантус, кукурудза, цукровий очерет та інші. Зібрана біомаса використовується для виробництва теплової та електричної енергії, може бути сировиною для виробництва твердого біопалива, як паливні гранули, брикети, пелети. Серед усіх енергетичних рослин у світі саме верба сьогодні використовується в якості основної енергетичної культури для виробництва твердого палива. Досвід у продукуванні і вирощуванні верб мають такі країни як Швеція, Англія, Ірландія, Польща, Данія. У Італії, Німеччині, Аргентині, Польщі широко практикується створення спеціальних плантацій швидкорослих тополі та верби. У Північній Індії насадження швидкорослої тополі і евкаліпта займають 50 000–60 000 га. Щорічно на таких плантаціях заготовлюється близько 3,7 млн. тонн деревини [66]. Найбільші плантації верби на сьогодні у Швеції, які складають 18 000–20 000 га, в Польщі – понад 6 000 га. В Україні з 2006 р. також діє програма «Шведська енергетична верба», зокрема виведені її нові перспективні сорти ‘Інгер’, ‘Клара’, ‘Ліза’, ‘Стіна’ [20]. Однак, незважаючи на велику кількість незадіяних земель несільськогосподарського призначення, в Україні, промислових плантацій енергетичних рослин поки що недостатньо. На наш погляд резерви енерговідновлюваних культур слід шукати серед видів місцевої флори, які ідеально підходять для ґрунтово-кліматичних умов України, враховуючи підвищення континентальності та аридизацію клімату.

У природній флорі України родина *Salicaceae* Mirbel. представлена двома родами верба (*Salix* L.) і тополя (*Populus* L.). Рід *Salix* L. нараховує 24 автохтонних види, а рід *Populus* L. – лише три види і ряд гібридних форм [2, 32].

Однак не всі із представлених видів мають енергетичні властивості та достатню сировинну базу. Зокрема, верби альпійського і субальпійського поясу Карпат *S. alpina* L., *S. hastata* L., S. *herbaceae* L., *S. lapponum* L., *S. phylicifolia* L., *S. reticulata* L., *S. retusa* L. і *S. starkeana* Willd. характеризуються повільним ростом, сланкою або напівсланкою формою, розсіяним ареалом і незначними сировинними запасами, а тому не придатні для енергетичних плантацій. До

того ж S. *herbaceae* L., *S. retusa* L., *S. alpina* L., *S. lapponum* L. і *S. starkeana* Willd., а також поліський вид *S. myrtilloides* L. занесені до останнього видання Червоної книги України [5, 64] і промислове використання цих видів у нашій державі заборонено. Розсіяний ареал і не значні запаси сировини також поки що унеможливлюють використання в енергетичних плантаціях *S. silesiaca* Willd., *S. myrsinifolia* Salisb. *S. eleagnos* Scop.

Перспективними для енергетичних плантацій є верби рівнинної частини України, які нараховують 16 таксонів. Енергетичні властивості мають *S. alba* L., *S pentandra* L., *S. fragilis* L., *S. viminalis* L., *S. acutifolia* Willd., *S. cinerea* L., *S.purpurea* L., S. *triandra* L., *S. caprea* L., *S. daphnoides* Vill., *S rosmarinifolia* L., *S aurita* L. Однак, найбільш перспективні для створення енергетичних плантацій високорослі кущові види з річним приростом до 1,5 м завдовжки і більше *S. viminalis* L., *S. acutifolia,* S. *triandra, S. cinerea, S. purpurea.* (рис.1.4.)

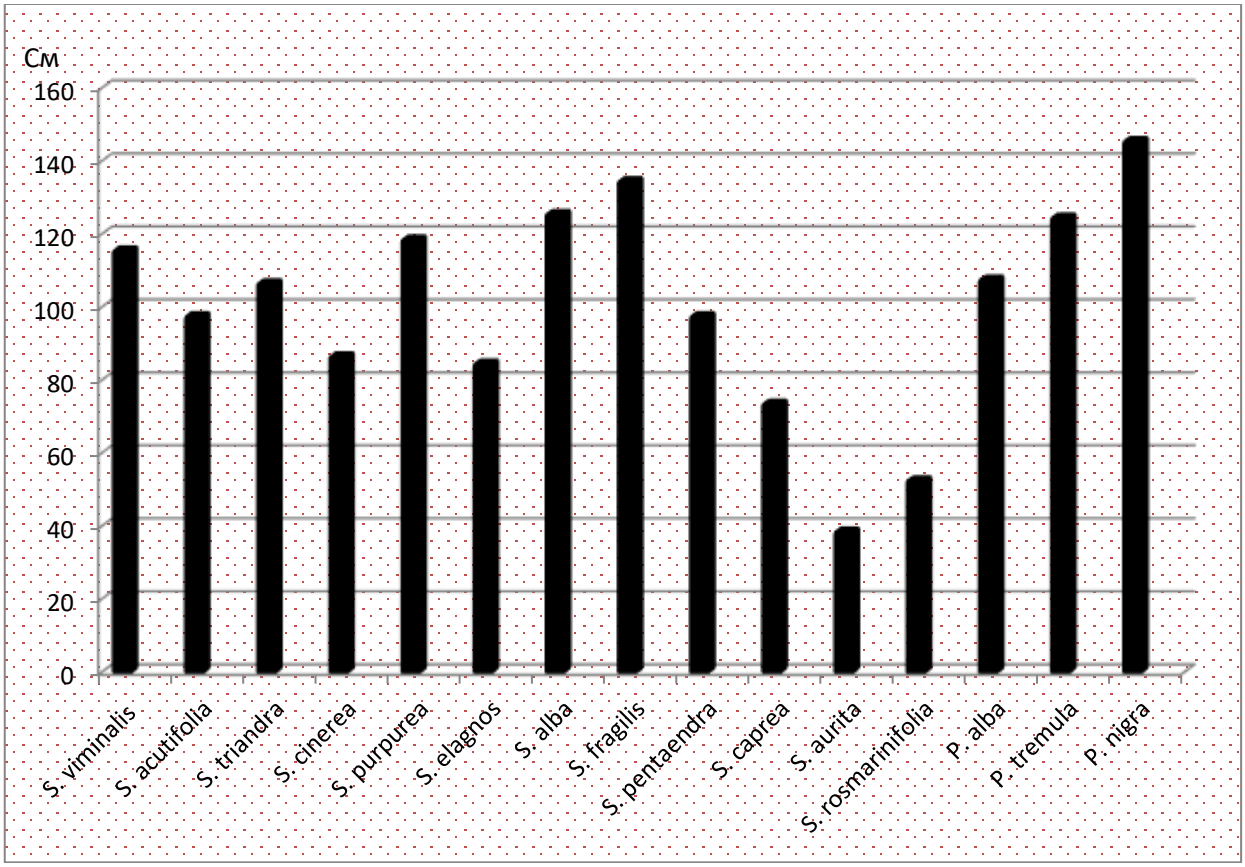


Рис. 1.4. Приріст однорічних пагонів верб та тополь в умовах Правобережного Лісостепу України.

Культура енергетичних верб і тополь має ряд переваг. По-перше, вони дають відновлювальне тверде біопаливо органічного походження і екологічно чисту сировину для виробництва паливних гранул. По-друге, їх біопаливо, придатне до спалювання безпосередньо у котлах для біомаси і як джерело енергії, під час згоряння у котлах, не порушує баланс вуглецю в атмосфері. По-третє, вербово-тополеві насадження дають різновид твердого біопалива, промислове виробництво теплової та електричної енергії з якого вдвічі дешевше у порівнянні з використанням газу. По-четверте, верби і тополі в перерахунку на калориметричні показники дають від 7 до 20 тонн сухої маси з одного гектара. Так, врожайність свіжозрізаного пруту *S. viminalis* становить 40,7 т×га$^{-1}$, або 47,3 м^3×г$^{-1}$, що еквівалентно 415 Гдж×га$^{-1}$ енергії [32].

Крім того, слід пам’ятати, що один гектар плантації енергетичної верби поглинає з повітря понад 200 тон CO_2 за три роки. Верби також придатні для засадження забруднених земель, малопродуктивних з точки зору вирощування сільськогосподарських культур. Вони також ефективно застосовується у протиерозійних заходах для укріплення ґрунтів і збагачують ґрунти мінералами та мікроелементами, поживними речовинами природного походження. Енергетичні плантації верб і тополь є природними фільтрами для видалення відходів агропромислового виробництва, застосовуються як буферні зони у місцях накопичення біологічних відходів фермерських господарств. Верби і тополі є природним фільтром для очищення ґрунтів від пестицидів.

Крім того енергетичні види верб і тополь завдяки своїй стійкості та швидкому росту є ідеальним екологічно чистим природним рішенням для захисту помешкань від вітру та сонячного світла і створення природного мікроклімату в місцях проживання людей. Ці види також придатні для виготовлення елементів ландшафтного дизайну, декоративних загорож, парканів. Лозу енергетичних видів верб використовують у народних ремеслах. Навколо плантацій енергетичних верб покращується біологічне різноманіття флори та фауни.

Рослини верб в енергетичних плантаціях висаджують саджанцями або

здерев'янілими живцями у шаховому порядку. Кількість саджанців на 1 га висаджують залежно від плануючого циклу збору майбутнього урожаю від 11 000 до 19 000 і навіть до 24 000 шт./га [22].

Тополі у енергетичних плантаціях висаджуються саджанцями або живцями квадратно-гніздовим способом, або у шаховому порядку. Ширина міжрядь до 2 метрів. На одному гектарі висаджують до 3 000–5 000 тополь. Часто застосовують комбіновані насадження – у міжряддях висаджуються сільськогосподарські культури. У Великобританії тополю комбінують з ячменем, горохом, конюшиною.

Енергетичні плантації біомаси попереджують ерозію ґрунтів, сприяють покращенню навколишнього середовища. Під час згорянні біомаси на електростанціях або в котлах в атмосферу викидається тільки CO_2, який був поглинутий рослиною в період її росту. Збір урожаю енергетичних видів верб проводять кожні 2–3 роки. Середній приріст маси – 1,5 метра у рік. Кількість циклів збору урожаю з однієї посадки – 7–8 разів, після чого можна проводити рекультивацію ґрунту під посадку інших культур або закладати нову плантацію верби чи тополі. Верби вимагають ґрунтів середньої якості з великою вологістю. Для підживлення верб у ґрунт вносять азотні, фосфорні і калійні добрива. Кількість мінеральних добрив залежить від якості ґрунту, проте значно менше від потреб інших сільськогосподарських культур. Збирають урожай у листопаді-лютому, після опадання листків [22].

1.3. Роль відновлювальних джерел енергії в екологічних аспектах зміни клімату планети

Концепція сталого розвитку, розроблена європейськими країнами, передбачає раціональне використання природних ресурсів. Особливої актуальності це питання набуло для України і для інших держав, які зіткнулися з проблемами забезпечення енергоресурсами промисловості і населення, що передбачає енергетичну безпеку держави, зокрема зменшення залежності від поставок газу. Причиною такого стану є вичерпність природних ресурсів,

зокрема газу, нафти, вугілля. Для вирішення цієї проблеми активно впроваджується і розвивається біоенергетика, яка крім отриманої енергії призводить до зменшення негативного впливу на навколишнє природне середовище [35].

Масштабне використання природних енергетичних ресурсів для виробництва енергії на теплових електричних станціях призводить до значного забруднення природного навколишнього середовища такими шкідливими викидами в атмосферу, як діоксид вуглецю (CO_2), оксиди сірки (SO_2), азоту (NO_x) та ін. Звичайне кам'яне вугілля виділяє, наприклад, близько 3 т CO_2 на кожну тонну спаленого палива, що є основним компонентом парникового газу. Теплове випромінювання сонця нагріває атмосферу і поверхню Землі. В атмосфері є так звані парникові гази, які відбивають теплове випромінювання Землі назад до її поверхні. Цей процес, який називають парниковим ефектом, є необхідною умовою життя на землі. Без парникових газів середня температура атмосфери Землі була б близько - 21° С замість 15° С. Парниковий ефект є природним і необхідним явищем, завдяки якому на землі зберігається прийнятна для підтримки життя температура. Більшість природних парникових газів складається з вуглекислого газу (CO_2) і водяної пари. Найбільш важливі парникові гази, що є продуктом життєдіяльності людей, включають вуглекислий газ (CO_2), метан (CH_4) і дінітрогеноксід (N_2O). Парникові гази розрізняються за ступенем інтенсивності впливу на навколишнє середовище [11].

Встановлено, що надмірна кількість CO_2 в атмосфері призводить до порушення рівноваги між парниковими газами. В результаті виникає ситуація, за якої парникові гази починають повертати більше теплового випромінювання до поверхні Землі, що призводить до поступового підвищення середньої температури і зміни клімату. Встановлено, з часу до індустріального періоду в результаті життєдіяльності людства кількість CO_2 в атмосфері зросла на 29 %, а кількість CH_4 збільшилася більш ніж у два рази [76].

Швидкий розвиток промисловості призводить до все більшого

забруднення навколишнього середовища важкими металами, кадмієм (Cd), цинком (Zn), міддю (Cu), хромом (Cr) та токсинами. В результаті Чорнобильської катастрофи в Україні радіаційному зараженню піддалося близько 2 млн. га земель, з яких більше половини припадає на сільськогосподарські угіддя [11].

На забруднених територіях неможливо вирощувати культури харчового та кормового призначення. Ці території потребують рекультивації, в чому може допомогти вирощування рослин для промислових або енергетичних цілей. Такий спосіб рекультивації призведе до систематичного зниження рівня забруднення території. У світовому масштабі головним абсорбентом CO_2 та радіонуклідів виступають багаторічні рослини. Вирощування біоенергетичних культур, які інтенсивно зв'язують вуглекислий газ і дають високу врожайність біомаси для енергетичних цілей, дозволить значно зменшити емісію CO_2 [54].

Раціональними напрямами зниження викидів CO_2, підвищення екологічної безпеки за виробництва енергії є:

- підвищення ефективності використання органічного палива;

- активне впровадження енергозберігаючих технологій;

- використання біомаси як енергетичного палива.

При цьому використання біомаси є одним з радикальних шляхів вирішення проблеми зниження викидів парникових газів (CO_2) в паливних установках, а також зниження викидів інших шкідливих інгредієнтів:

- біоенергетичні культури становлять основний склад біомаси, самі поглинають викиди CO_2, тобто в них відбувається рециркуляція: скільки CO_2 поглинено, стільки ж і виділяється за спалювання і при цьому не збільшується його вміст в атмосфері;

- в біомасі практично немає сірки, малий вміст азоту і золи.

Особливої уваги в екологічному плані приділяється викидам в атмосферу таких забруднень як SO_2, NOx, зольних частинок і важких металів. Розроблені норми для регламентування викидів важких металів, що потребують нових витрат для їх дотримання. При цьому буде здійснено перехід на обмеження

викидів мікрочастинок (2,5 мікрона і менше), так як в них концентрується вміст шкідливих важких металів (ртуті та ін.). Ці норми потребують значно досконалих і дорогих способів очищення газу. В останнє десятиліття особливої уваги в світі буде надалі приділятися викидам діоксиду вуглецю (CO_2) - кінцевого продукту спалювання викопного палива. Це пояснюється головним чином його впливом на зміну клімату. Шкоду природі завдають не самі викиди CO_2, а їх накопичення в атмосфері. Згідно з аналітичними даними досліджень концентрація CO_2 в атмосфері зросла з 280 ppm (проміль) (в так званий доіндустріальний період, середина XVIII ст.) до 370 ppm в 2003 р. Більше половини викидів CO_2, що утворилися за спалювання викопного палива, не поглинається біосферою і поверхнею океану, а накопичується в атмосфері. Зростання концентрації CO_2 становить 47 ppm / рік [14, 76].

У такому випадку навіть за помірного зростання світової економіки (що не перевищує 2% на рік) концентрація CO_2 в атмосфері до 2050 р перевищить 500 ppm. Для припинення росту концентрації CO_2 в атмосфері необхідно в найближчі 10-20 років знизити його викиди до рівня в 3 рази нижче рівня викидів 1990 року.

Найбільш значним джерелом викидів парникових газів є спалювання викопного палива і палива транспортних засобів. За спалювання викопного палива, тобто нафти, вугілля і природного газу, виділяється вуглець, який протягом тривалого часу перебував під землею. Інші джерела викидів включають, наприклад, лісові пожежі, виробничі процеси, звалища, сільськогосподарська діяльність. Збільшення кількості вуглецю в атмосфері призводить до незворотних змін у вмісті в атмосфері вуглекислого газу. За існуючими оцінками на частку вуглекислого газу припадає 66% глобального потепління. У глобальному масштабі приблизно 75% викидів двоокису вуглецю припадає на виробництво енергії і транспортні засоби та на 20% загальний вміст вуглекислого газу збільшується в результаті знищення лісів [21].

Промислово розвинені країни можуть зменшити рівень викидів CO_2 за допомогою підвищення ефективності енергоспоживання, заміщення при

виробництві енергії викопного палива відновлюваними джерелами енергії.

У дослідженнях кліматичних змін все ще існує певний елемент невизначеності. Парниковий ефект спричиняє різний вплив у різних регіонах, однак очевидно, що сумарний ефект впливу є негативним. У європейському регіоні викликає занепокоєння питання про подальшу поведінку течії Гольфстрім. Експерти прогнозують, що протягом наступних 100 років рівень моря підвищиться на 20-80 см, що призведе до затоплення значної частини території Голландії, Англії, Бангладеш, і повного зникнення багатьох острівних країн [21].

В цілому в наш час зміни клімату перевищують адаптаційну здатність багатьох екосистем. Важко передбачити напрями зміни кліматичних умов, тому можливо нашому поколінню доведеться зіткнутися з неприємними сюрпризами. Взаємодія різних факторів і механізмів зворотного зв'язку може призвести до того, що зміни будуть відбуватися швидшими темпами, ніж прогнозувалося раніше. Крайнім і найбільш загрозливим викликом можливого впливу потепління включають явища збільшення викидів метану в результаті танення шару вічної мерзлоти, зміна здатності океанів пов'язувати вуглець і підвищення числа лісових пожеж. В цілому зміна клімату може вплинути на:

- підвищення рівня моря, що призведе до затоплення багатьох острівних держав та прибережних районів;

- скорочення природного біорізноманіття;

- зменшення сільськогосподарських угідь у багатьох регіонах;

- посилення екстремальних погодних явищ - таких, як повені, посухи, смерчі й урагани.

Зміна клімату призведе до скорочення виробництва продуктів харчування і кількості прісної води в багатьох регіонах. Викликане підвищенням температури випаровування води спричиняє збільшення кількості опадів і більш тривалі періоди посухи в багатьох посушливих регіонах. Нестача прісної води може викликати серйозні конфлікти. Зниження врожаїв зернових культур може призвести до голоду в різних частинах світу, а підвищення рівня моря і

повені - до скорочення і засолення орних земель [21, 24, 35].

Дані вимірювань, отримані за допомогою супутників, температура глибинних шарів води в океані, зменшення льодовиків, танення айсбергів і шару вічної мерзлоти в Алясці і інших північних районах тундри, збільшення хмарності та підвищення нічної температури, ранній початок фотосинтезу рослин в Північній півкулі, "переміщення" рослин на великі висоти в Швейцарських і Австрійських Альпах і зміна шляхів міграції різних видів тварин є наочними доказами глобального потепління [69].

Якщо суспільство хоче обмежити вплив зміни клімату, допустивши підвищення середньої температури Землі протягом наступних ста років тільки на 1° С, вміст CO_2 в атмосфері, що становить зараз 360 частин на мільйон, слід знизити до рівня 348 частин на мільйон (за даними Міжурядової комісії з спостереженню за зміною клімату (IPCC)). Для досягнення цієї мети необхідно негайно знизити існуючий рівень викидів CO_2 на 50-70%. Існуючий рівень, що становить 360 частин на мільйон, можна зберегти в тому випадку, якщо кількість викидів буде скорочено вдвічі до 2035 року і ріст викидів буде повністю зупинений до 2060 року. Після цього буде потрібно забезпечити застосування високоефективних технологій, що зв'язують вуглець в атмосфері. Для досягнення навіть цього рівня обсяг викидів повинен бути скорочений 18 найближчим часом і зменшений вдвічі. Згідно з даними розрахунків екологічна норма викидів або допустима межа викидів CO_2 становить 1,7 т на душу населення в рік. Наприклад, у Фінляндії на кожного жителя припадає в середньому близько 12 т викидів CO_2 в атмосферу на рік [79].

У промислово розвинених країнах, таких як Фінляндія, викиди від виробництва енергії складають 75% сумарних викидів двоокису вуглецю [69]. Кількість викидів може бути знижено майже на 90% за допомогою таких технічних заходів:

- скорочення споживання енергії на 50% за рахунок підвищення ефективності використання енергії;

- збільшення комбінованого виробництва теплової та електричної енергії;

- збільшення ступеня використання поновлюваних джерел енергії, тобто деревини, вітрової та сонячної енергії.

Біопаливо характеризується більш високими питомими викидами двоокису вуглецю в порівнянні з викопними видами палива, які мають високу частку водню в енергетичному змісті палива. Однак біопаливо не збільшує вмісту CO_2 в атмосфері. Кількість CO_2, що виділяється при згорянні біопалива, дорівнює кількості CO_2, що поглинається рослинами. Зелені рослини, такі як дерева, використовують вуглець для створення нової біомаси в процесі фотосинтезу. Деякий внесок у викиди CO_2 вносять тільки машини і обладнання, що використовуються при вирощуванні та збиранні біомаси [69].

Крім технічних заходів у боротьбі зі зміною клімату, ми також можемо використовувати ряд політичних і фінансових заходів, таких як:

- цільове оподаткування, що застосовується у відношенні викидів CO_2, може знизити рівень викидів CO_2;

- надання державних субсидій, надання підтримки та розробка законодавства в сфері використання відновлюваних джерел енергії;

- комплексне планування в сфері енергетики, що передбачає субсидування проектів енергозбереження та виробництва енергії;

- встановлення загальнодержавних цільових показників рівня викидів для різних галузей і компаній з накладенням санкцій у разі їх порушення.

Слід також зазначити, що поновлювані джерела енергії, у тому числі рослинна біомаса, відіграють або можуть відігравати визначальну роль у зниженні рівня викидів. Енергетичні плантації можуть стати ефективним чинником в боротьбі з глобальною загрозою зміни клімату.

Виділення двоокису сірки (SO_2) і двоокису азоту (NO_2) є основними причинами окислення озер та інших водних об'єктів, а також лісів і ґрунтів.

Вугілля і нафта видобуваються з-під поверхні землі. За спалювання цих видів викопного палива виділяється сірка, яка потім випадає на поверхню землі разом з дощем у вигляді сірчаної кислоти (H_2SO_4). Спалювання деревного палива має незначний вплив на кількість сірки (S), яка випадає на поверхню 19

землі. Кількість сірки, яка виділяється при горінні деревини, практично дорівнює кількості сірки, що поглинається зростаючими деревами [75].

Однак заготівля лісосічних відходів призводить до деякого збільшення кислотності ґрунту, оскільки катіони лугу (NH_4 +, Ca_2 +, K +), що зв'язуються деревиною зростаючих дерев, видаляються з лісу і не потрапляють у ґрунт, що зазвичай відбувається при падінні дерев під час лісових пожеж. Тому заготівля лісосічних відходів не рекомендується на ґрунтах, що характеризуються низькою стійкістю до зміни кислотності. Найбільш низьку мають ґрунти біотопів з низьким вмістом поживних речовин - такі, як ділянки пусток, гравійні та піщані ґрунти.

У деяких районах з високою концентрацією промислових підприємств, де на поверхню землі випадає велика кількість азоту, заготівля лісосічних відходів може надавати позитивний вплив на баланс поживних речовин у ґрунтах [75].

Багато важких металів – такі, наприклад, як ртуть (Hg), мідь (Cu), кадмій (Cd) - токсичні по відношенню до людей і тварин. Проте деякі з цих речовин у дуже малих кількостях необхідні для забезпечення нормальної життєдіяльності рослин і тварин. Всі види палива містять важкі метали. Однак, так як вміст важких металів у деревної біомаси значно нижче, ніж у вугіллі і торфі, цей показник не відносять до числа критичних параметрів, наприклад, при утилізації деревної золи [68].

1.4. Використання біомаси в паливо-енергетичній галузі

Біомаса складається з органічних твердих речовин рослинного походження - таких як чагарники, дерева, злакові високопродуктивні культури. Біомаса, яка акумулює в собі сонячну енергію у формі вуглеводнів рослинного походження, служить вихідною сировиною для вироблення біопалива в твердому, рідкому і газоподібному вигляді. В залежності від технології переробки біомасу вважаються одним з найбільш чистих видів палива в багатьох країнах світу і розглядають як перспективне джерело енергії на найближче майбутнє. Щорічний потенціал біомаси, що відновлюється,

оцінюється в 10 разів вище світового видобутку викопних палив, тому є перспективною та економічно ефективною сировиною для виробництва біопалива. Поряд з економічною доцільністю використання біомаси зберігаються природні ресурси, кардинально вирішується проблема викидів парникового газу CO_2, зменшується забруднення атмосфери викидами SO_2, NO_x. [22].

Лігноцелюлозна біомаса є найбільш поширеним матеріалом у світі, її спектр є дуже широким - від різного виду сільськогосподарських відходів до спеціально вирощеної біомаси на основі високопродуктивних деревинних та злакових культур. Лігноцелюлозна сировина складається в основному з вуглеводних полімерів целюлози, геміцелюлози та фенольних - лігніну. В складі біомаси також присутні в низьких концентраціях різних інші сполуки, 20 такі як білки, кислоти, солі та мінерали. Енергія біомаси, має суттєві переваги порівняно з викопними видами палива і рядом інших поновлюваних джерел енергії, забезпечуючи енергопостачання, підвищення рівня життя, підвищення добробуту та зниження рівня бідності [3].

Енергетичні системи на основі біомаси забезпечують потенційний механізм усунення бідності в сільській місцевості, одночасно сприяючи сталому розвитку та охороні навколишнього середовища, і отримують все більшої уваги в усьому світі. Серед основних причин подібної уваги варто відзначити вичерпність викопних видів палива. Формування викопного палива відбувалося в ході геологічних процесів глибоко під землею протягом мільйонів років. Хоча викопне паливо також має рослинне походження, його не можна віднести до поновлюваних джерел енергії через повільний процес утворення такого палива. Неминучим є вичерпаність запасів викопного палива, особливо запасів нафти та газу. За існуючими оцінками запаси наявних на землі вуглеводнів вичерпаються через 50-100 років залежно від того, як будуть використовуватись. Освоєння нових родовищ в даний час є надзвичайно складним через відсутність необхідних для видобутку корисних копалин технологій у зв'язку з тим, що вони залягають на великій глибині, що потребує

більше ресурсів та капіталовкладень [70].

Біомаса є найбільш важливим поновлюваним джерелом енергії в Європі – біоенергія становить близько 60% від валового обсягу споживання енергії, що виробляється з поновлюваних джерел в Європі. Біоенергія відіграє важливу роль в економіці північноєвропейських країн. У Фінляндії, Швеції та Австрії більше 12% споживання становить біоенергія і особливо енергія, що отримується з біомаси [60].

Заміщення викопних видів палива біомасою знижує рівень шкідливих викидів в процесі виробництва енергії і справляє позитивний вплив на рівень зайнятості місцевого населення. Необхідною умовою збільшення використання біомаси в країнах, що запроваджують нові технології вирощування біомаси енергетичних культур, є побудова повного виробничо-збутового циклу від виробництва і розподілу палива до виробництва і розподілу енергії.

На даний час у світі кількість споживаної енергії з відновлюваних джерел на основі біопалива складає близько 15% порівняно з іншими видами енергії. Тому в основі пріоритетів оновленої стратегії є:

- раціональне використання і зниження темпів зростання споживання наявних ресурсів викопного палива та залучення в паливно-енергетичний баланс відновлювальних джерел енергії;

- зниження темпів зростання антропогенного навантаження на навколишнє середовище і протидія кліматичним змінам при необхідності задоволення зростаючого споживання енергії [75].

Для досягнення намічених обсягів виробництва енергії на базі відновлюваних джерел енергії необхідно вже в найкоротший період збільшити площі вирощування біоенергетичних культур у декілька разів та забезпечити введення генеруючих об'єктів теплових електростанцій, що працюють з використанням біомаси та біопалива.

Одним з напрямів є вирощування біомаси на основі високопродуктивних сортів та гібридів енергетичної верби, що дозволяє отримувати значну кількість енергії. Верба може бути використана як джерело енергії на 2-3-й рік після

закладання плантації. Середньорічний урожай за 2- 3-річної ротації верби за результатами, отриманими в ряді зарубіжних країн, може досягати до 10-15 т сухої речовини з гектара, а один раз закладена плантація може бути використана протягом 20-25 років, тобто забезпечувати 7-8 разовий збір деревини без значних додаткових витрат. Біомаса – найбільше джерело відновлюваної енергії в світі, її в перспективі розглядають як основний вид відновлювальних джерел енергії. Тому передбачено зростання обсягів використання біомаси у три рази. Деревинна біомаса не тільки відновлюване джерело енергії, процесами утворення якого, на відміну від традиційних (вугілля, нафти, газу), можна управляти, але ще й одне з не багатьох екологічно чистих видів палива. Внаслідок спалювання деревини не порушується тепловий баланс планети. Наявність задіяної землі для виробництва біомаси в будь-якій країні буде визначатися залежно від стійкості біоенергетичних систем в країні [63].

Біомаса на основі високопродуктивних культур в Україні протягом короткого часу із застосуванням відповідних технологій вирощування та переробляння може замінити використання до 10 млрд. $м^3$ природного газу на рік.

В Європі селекція енергетичних сортів роду *Salix* розпочалась ще у 1987 році, де щороку продукують близько 10 тис. схрещених рослин. Термін виведення нового сорту складає 10 років. Наразі існує 24 сорти, дозволені стандартами ЄС. Щороку у світі з’являється 1-2 нових сорти [20].

Завдяки високій теплотворній здатності енергетичні сорти *Salix* можуть конкурувати з іншими видами палива. Так, 1 тонна сухої верби замінює 1,12 тони соломи, 0,43 тони ріпакової олії, 0,46 тони викопного вугілля, 0,8 тони бурого вугілля, 0,37 тони мазуту, 0,73 тис. $м^3$ біогазу і 0,51 тис. $м^3$ природного газу [32, 72-74]. Крім того, слід пам'ятати, що один гектар плантації енергетичноного сорту *Salix* поглинає з повітря понад 200 тон CO_2 за три роки.

З 1995 року Україна стала членом Міжнародного Союзу з охорони нових сортів рослин (UPOV). На основі цього в Україні був розроблений Закон

України про охорону прав на сорти рослин [29] та Закон України про приєднання України до Міжнародної конвенції з охорони нових сортів рослин [30]. Нормативно-правовою базою культури енергетичних сортів *Salix* і *Populus* в Україні є Закони України «Про Альтернативні види палива» [25], «Про Альтернативні джерела енергії» [26], «Про насіння і садивний матеріал» [28], «Про електроенергетику» [27].

В Україні починаючи з 2013 р. також розпочалась реєстрація енергетичних сортів роду *Salix*. Станом на 1 березня 2020 р. у Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні [20] занесено шість сортів *S. viminalis* (‘Panfyl’s’ka 2’, ‘Marstyiana’, ‘Zbruch’, ‘Wilhelm’, ‘Linnea’, ‘Yevangelina’), два сорти *S. triandra* (‘Yroslava’, ‘Panfyl’s’ka‘) та один сорт *S. alba* (‘Corvinus’) [20]. Власниками авторських прав на дані сорти є як вітчизняні наукові і навчальні установи так і вітчизняні і зарубіжні компанії та приватні особи. Реально асортимент енергетичних сортів роду *Salix* в Україні значно більший, однак тривала кількарічна процедура їх реєстрації значно уповільнює появу нових сортів на фітоенергоринку України. Інша проблема, яка гальмує розвиток біоенергетики – це законодавча заборона висаджувати енергетичні сорти *Salix* на землях сільськогосподарського призначення, оскільки в Україні *Salix* належить до лісових культур. А от у сусідній Польщі *Salix* належить до сільськогосподарських культур [19, 72, 73, 74].

Однак, не зважаючи на значний прогрес у реєстрації сортів в Україні площа енергетичних сортів *Salix* в Україні займає трохи більше 1000 га. Стримує розвиток біоенергетики *Salix* недорозвинений ринок садивного матеріалу цієї культури. На ринку зазвичай трапляються саджанці різних категорій – ліцензійні, не ліцензійні, польські та шведські сорти і навіть, сіянці, зрізані просто на болоті. При чому в Україні лише три компанії працюють з ліцензійним матеріалом, з них дві – продукують його лише для власних потреб.

Висновок.

Верба є високопродуктивною енергетичною рослиною, індустріальне вирощування якої дозволить забезпечити достатню кількість сировини

необхідної якості для виробництва різних видів біопалива, зменшити залежність України від імпорту викопних енергоносіїв, створити нові робочі місця переважно у сільській місцевості, а також покращити екологічний стан довкілля.

РОЗДІЛ 2
ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНІ УМОВИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Природні умови регіону досліджень

Боярська ЛДС – це сучасне комплексне державне підприємство, яке поряд з освітянськими функціями успішно поєднує комплекс робіт із відтворення, охорони та захисту лісу з переробкою деревини [6].



Рис. 2.1. Боярська лісова дослідна станція

Лісові масиви ВП НУБіП України „Боярська ЛДС" розміщені в центральній частині Київської області на території чотирьох громад: Києво-Святошинської (6703 га), Васильківської (9846 га), Макарівської (1064 га) та Голосіївського району м. Києва (299 га). Лісові масиви станції площею 17,940 тис. га віднесені до особливо цінних насаджень і входять у зелену зону м. Києва, а 790 га високопродуктивного лісу відведені під державні заказники. Лісистість в районі діяльності Боярської ЛДС становить – 25,5% [6].

Метою діяльності ЛДС є навчальна, науково-дослідна та господарська

діяльність, які технологічно пов'язані з навчальним та навчально-інноваційним процесом у системі підготовки фахівців ННІ лісового і садово-паркового господарства та інших структурних підрозділів НУБіП України, а також проведення науково-дослідних робіт співробітниками університету.

ВП НУБіП України „Боярська лісова дослідна станція", як підприємство, що поєднує в собі виробничу, навчальну і наукову діяльність є головною базою для проведення навчальних та виробничих практик, а також об'єктом постійних наукових досліджень і активного впровадження у практику досягнень лісівничої науки.

Боярська лісова дослідна станція розташоване у центральній частині Київської області, на межі зони змішаних лісів і лісостепу, що умовно проходить по залізниці Київ-Фастів. Боярська ЛДС належить до Обухівсько-Васильківського району лісостепової області Київського плато [16].

Рельєф території рівнинний, слабохвилястий. Найбільш високі абсолютні відмітки поверхні відмічаються у північно-західній і південній частині ЛДС 180,0-185,0 м. Більш низькі спостерігаються у північно-східній і південно-західній частинах, близько 165,0 м.

Поверхневі води представлені невеликим струмком з притоками, що пересікає південну частину лісового масиву, місцева назва – річка Притвірка, яка зарегульована каскадом ставків і під час весняних паводків не затоплює прилеглі території.

Клімат території атлантико-континентальний з нестійкою зимою, похмурою, з частими відлигами і туманами, теплим літом. Переважаючий напрямок вітру північно-західний, середня швидкість вітру – 5 м/с. Середньорічні температури: зимова – 6,7°С, літня: + 20°С, літня вологість повітря – 45%, а вологість повітря взимку – 80%. Річна кількість опадів – 500 мм (табл. 2.1). Територія району має нахил в напрямі з півдня на північ та із заходу на схід. Завдяки ньому географічна широта не впливає на ріст температур з півночі на південь. Температура в південній частині району знижується за рахунок підвищення висоти поверхні над рівнем моря [34].

Клімат характеризується достатньою кількістю тепла і помірним зволоженням. Сума активних температур вище +10°С коливається в межах 2500–2600°С. Одна з головних рис річного ходу середньої температури даної зони є відносно невеликі її зміни з місяця у місяць влітку та взимку і різкі коливання весною і восени. Середня температура найхолоднішого місяця січня коливається від –3 до –7°С. Середньомісячна температура найтеплішого місяця липня становить +18-20°С. Тривалість періоду з температурою вище 10°С становить близько 160 днів, а з температурою понад 15°С– 110 днів. Безморозний період в середньому триває 136–199 днів. Середня багаторічна дата останніх весняних і перших осінніх заморозків припадає відповідно на 28 квітня і 6 жовтня. В окремі роки заморозки можливі в другій декаді травня, та в другій декаді вересня [32].

Мінливість температури повітря має добре виражений річний хід, який знаходиться у зворотній залежності від кількості сонячної радіації. З січня до липня, коли приток сонячної радіації зростає мінливість температури повітря поступово зменшується і, навпаки, з серпня по грудень із зменшенням притоку сонячної радіації мінливість температури зростає.

Сніговий покрив утворюється в другій половині грудня, середня товщина снігового покриву 7–12 см, сходить сніг – у другій половині березня [34].

Порівняно з середніми багаторічними даними температура повітря в усі роки досліджуваного періоду зима була теплішою (табл. 2.1). У 2024 році спостерігалось екстремальне підвищення температури у липні. На фоні високих температур та відсутності опадів склались несприятливі умови для рослин висаджених у 2023-2024 рр.. Кінець літа та початок осені 2024 року також характеризувались підвищеними температурами [84].

Необхідно відмітити сприятливість кліматичних умов для планувального освоєння території, а наявність практично кругової рози вітру сприяє комфортності аераційного режиму території.

Для комплексної характеристики зволоженості території з урахуванням температурного режиму використовують запропонований Г.Т. Селяніновим

гідротермічний коефіцієнт (ГТК) [34].

ГТК = 10хΣР /Σt, де ΣР і Σt – відповідно сума атмосферних опадів і температур за період, коли середньодобова температура перевищувала 10 ºС.

Таблиця 2.1

Середньомісячна температура повітря у м. Боярка, ºС

Місяці	Температура повітря, ºС			
	2021 рік	2022 рік	2023 рік	середня багаторічна
I	-3,6	-5,8	3,2	-4,6
II	-1,1	-7,4	-2,3	-2,5
III	2,0	1,0	1,8	1,6
IV	9,7	9,1	8,6	8,4
V	15,7	14,1	18,4	14,8
VI	16,8	17,7	20,1	17,8
VII	20,2	19,1	21,3	19,0
VIII	19,5	19,5	22,5	18,4
IX	16,2	15,1	17,8	14,9
X	9,6	5,6	12,6	7,8
XI	3,5	5,1	5,4	2,4
XII	0,6	0,8	0,3	2,0
Середня річна	9,1	8,8	10,6	7,8

Згідно проведених розрахунків 2009 та 2010 роки були достатньо вологими, ГТК становив відповідно 1,25 і 1,32 (табл. 2.2). У той же час 2011 рік був засушливим ГТК становив 1,12.

Таблиця 2.2

Середньомісячна кількість опадів у м. Боярка, мм

Місяць	Кількість опадів, мм			
	2021 рік	2022 рік	2023 рік	Середня багаторічна
I	23,9	36,9	17,9	24,9
II	44,9	64,7	18,4	23,1
III	16, 7	56,2	12,6	26,0
IV	77,7	18,3	7,2	47,0
V	45,0	81,0	18,0	46,0
VI	73,2	115,2	52,8	74,5
VII	21,5	47,4	77,2	85,2
VIII	78,0	45,2	77,4	60,3

IX	40.6	42,4	53,1	35,6
X	85,0	35,0	39,3	34,9
XI	23,2	56,2	38,4	39,7
XII	8,7	22,7	31,2	34,1
Середня багаторічна	481,1	621,2	443,5	531,3

Гідрогеологічні умови визначаються розташуванням в зоні сполучення осадових відкладів Дніпровсько-Донецької западини з кристалічними породами докембрійського кристалічного масиву. На території Боярськогої ЛДС переважають супіщані і піщані типи грунтів, який сформувався у процесі генезису лесів Потужність грунтового горизонту складає 60–70 см, вміст гумусу коливається від 1,2 до 1,5%, за механічним складом грунти крупнопилуваті [34].

Підземні води приурочені до різних стартиграфічних горизонтів, а практичне значення має водоносний комплекс четвертинних відкладів і водоносний горизонт Бучакcько-канівських і Сеноманських відкладів.

Водоносний горизонт є джерелом централізованого водопостачання м. Боярка.

2.2. Об’єкти і методики досліджень

Об’єктами досліджень короткоротаційні плантаційні культури сортів роду *Salix* L.a саме: *S. viminalis* (‘Panfyl’s’ka 2’, ‘Marstyiana’, ‘Zbruch’, ‘Wilhelm’, ‘Linnea’, ‘Yevangelina’), два сорти *S. triandra* (‘Yroslava’, ‘Panfyl’s’ka‘) та один сорт *S. alba* (‘Corvinus’) а також *S. viminalis* і *S. triandra*, шведські сорти ‘Інгер’, ‘Тордіс’, ‘Тора’ та польські ‘1047’, ‘082’, ‘1057’. Дослідження проведено на плантаціях Боярської лісової дослідної станції.

2.3. Методики досліджень

Нормативно-правовою базою культури енергетичних верб в Україні є Закони України «Про альтернативні види палива», «Про альтернативні джерела енергії», «Про насіння і садивний матеріал», «Про електроенергетику» [26, 27, 28].

Вартість формування та експлуатації енергетичних насаджень розраховується на основі існуючих нормативів лісового господарства України, витрат часу та палива [36, 37, 44]. Товарну якість пруту визначали за таблицями ходу росту деревних порід [48].

Кількість живців, необхідних для закладання плантації, розраховували за формулою:

$$N = \frac{G \times k \times F}{100} = \frac{200 \times k \times F}{(a+b) \times n} \qquad (2.1)$$

де N – кількість живців, шт.; G – густота стояння рослин, шт./га; k – коефіцієнт приживання, %; F – площа плантації, га.

Щоб уникнути пропусків, пов‘язаних з огріхами під час садіння та неприживанням посаджених живців, необхідно проводити «лікування» плантації шляхом підсаджування живців у місця пропусків за допомогою меча Колесова. «Лікування» плантацій доцільно проводити якщо частка пропусків перевищує 15%.

Згідно з механізованою технологією енергетична верба саджається смугами по 2 рядки (рис. 2.2.). Загальна довжина смуг на одному гектарі визначається за формулою:

$$L_c = \frac{10000}{c} = \frac{10000}{a+b}, \qquad (2.2)$$

де L c – довжина смуг на 1 га, м.

Оскільки у смузі 2 рядки, то довжина рядків енергетичної верби на гектарі

буде вдвічі більшою за довжину смуг

$$L_p = 2 \times L_c = \frac{20000}{a+b} \qquad (2.3)$$

де L c – довжина рядків на 1 га, м/

Розділивши загальну довжину рядків на відстань між рослинами в рядку (крок садіння) отримаємо густоту стояння рослин/

$$G = \frac{Lp}{n} = \frac{2000}{(a+b) \times n} \qquad (2.4)$$

де G – густота стояння рослин, шт./га;

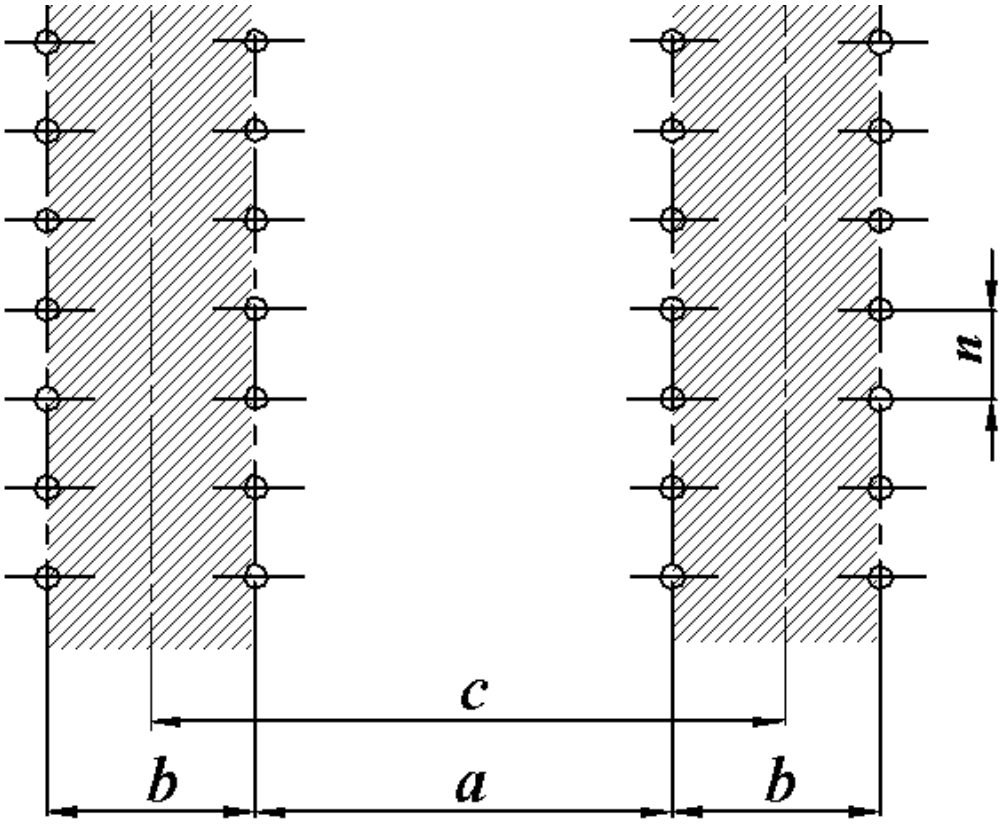


Рис. 2.2. Схема до визначення густоти насаджень рослин

a – ширина міжрядь між смугами, м;

b – ширина міжрядь в смузі, м;

n – відстань між рослинами в рядку (крок садіння), м

Розрахунок потреби у садивному матеріалі (живцях) слід проводити з врахуванням густоти стояння рослин та коефіцієнта приживання k. Коефіцієнт приживання залежить від стану живців, ґрунтово-кліматичних умов, якості проведення підготовки ґрунту, садіння та догляду за насадженнями енергетичної верби [60, 61].

Таким чином, кількість живців, необхідних для закладання плантації, розраховується за формулою:

$$N=\frac{G\times k\times F}{100}=\frac{200\times k\times F}{(a+b)\times n} \qquad (2.5)$$

де N – кількість живців, шт.; G – густота стояння рослин, шт./га;

k – коефіцієнт приживання, %; F – площа плантації, га.

Щоб уникнути пропусків, пов‘язаних з огріхами під час садіння та неприживанням посаджених живців, необхідно проводити «лікування» плантації шляхом підсаджування живців у місця пропусків за допомогою меча Колесова. «Лікування» плантацій доцільно проводити якщо частка пропусків перевищує 15%.

Висновок.

Ґрунтово-кліматичні і лісорослинні умови території Боярської ЛДС цілком сприятливі для закладання високопродуктивних короткострокових енергетичних плантацій автохтонних верб.

РОЗДІЛ 3
ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ КОРОТКАРОТАЦІЙНИХ ПЛАНТАЦІЙ ВЕРБ В УМОВАХ БОЯРСЬКОЇ ЛДС

Найважливішими заходами зі створення високопродуктивних плантацій верб є: вибір місця для посадок, ретельний обробіток ґрунту, вибір оптимального для лісорослинних умов лісокультурної площі виду (клону) верби, придатного для вирощування запланованих асортименту і виду садивного матеріалу, сезону і способів садіння, догляд за ґрунтом, внесення добрив та захисту рослин від шкідників і хвороб [23, 40, 52, 60].

Зважаючи на високу порослеву здатність верб, після зрізання вирощеної сировини з порослі формується наступна генерація плантації. Таких генерацій, в залежності від вирощуваного сортименту, може бути від кількох десятків (плантації на прут) до двох-трьох, за вирощування балансової деревини, пиловника та інших середніх та грубих сортиментів. У зв’язку з цим важливе значення у підтриманні високої продуктивності і стійкості вербових плантацій мають також способи і терміни проведення їх рубок.

3.1. Підготовка ґрунту і внесення добрив під плантацію верби.

Верби, зважаючи на їхні різні екологічні особливості, можливе практично на всіх типах ґрунту, але для вербових плантацій будь-якого призначення оптимальним є вологий, багатий на гумус, добре дренований супіщаний або суглинистий ґрунт. Це відповідає типам умов місцезростання від В 2-4 до Д 2-4 Такої думки дотримуються практично всі відомі автори, і це ще раз підтвердили наші дослідження (табл. 3.1).

Основні завдання обробітку ґрунту полягають в активному впливі на фізичні, хімічні та біологічні процеси, що відбуваються в ньому, на фізичний стан та структуру орного шару, водоповітряний режим та режим живлення.

Технологічні операції з основного обробітку ґрунту за вирощування енергетичної верби необхідно розглядати в комплексі, як важливі засоби

Таблиця 3.1

Характерні елементи ландшафту, на яких розповсюджена верба, та оптимальні умови її вирощування

Вид верби	Елементи ландшафту	Тип лісорослинних умов	
		у природі	в культурі
Верба біла	Береги і долини річок, на піщаних і особливо – на піщано-мулових наносах	B 3-4 – D 3-4	B 3-4 – D 2-4
Верба ламка	Береги рік та інших водойм, вогкі долини, канави	C 3-5 – D 3-5	C 3-5 – D 2-5
Верба тритичнкова	Понижені місця в прируслвій частині заплави, рідше – береги стариць	C 4-5 , D 4-5	B 3-5 – D 2-5
Верба пурпурова	Прируслова та середня частина заплави	C 3-4 , D 3-4	B 2-4 – D 1-4
Верба прутовидна	Прируслова та середня частина заплави	C 3-5 – D 3-5	B 2-4 – D 1-5
Верба гостролиста	Піщані ґрунти в заплаві і поза заплавою	A 1-3 , B 1-3	A 1-3 – D 1-3
Верба вовчеягідна	Береги і долини гірських річок	B 3-4 – D 3-4	A 1-4 – D 1-4
Верба п’ятитичнкова	Окраїни низових та перехідних боліт, мокрі луки	C 4-5 , D 4-5	C 3-5 , D 2-5
Верба козяча	Узлісся, розріджені сосняки, вирубки	A 2-4 – D 2-4	A 2-4 – D 1-4
Верба попеляста	Береги застійних водойм, окраїни боліт, мокрі луки	B 4 , C 3-5 , D 3-5	B 3-5 – D 2-5
Верба вушката	Окраїни болі, мокрі, заболочені ліси	A 4-5 – C 4-5	A 3-5 – C 2-5
Верба мірзинолиста	Окраїни низових та попередніх болі, вологі розріджені ліси, луки	B 3-4 – D 3-4	B 3-4 – D 1-4
Верба розмаринолиста	Піски, луки, низинні та перехідні болота	A 1-5 - C 1-5	A 1-5 – D 1-5
Верба лапландська	Низові та перехідні болота	B 3-4 , C 4-5 , D 3-4	A 2-5 - D 2-5
Верба чорнична	Перехідні болота	A 4-5 – C 4-5	A 2-5 – D 2-5

з бур‘янами, шкідниками та збудниками хвороб. Всі системи обробітку ґрунту під енергетичну вербу успішно виконуються в рамках загальної системи обробітку ґрунту в тісному зв’язку зі всіма іншими підсистемами (сівозміни, удобрення, засоби захисту рослин) системи землеробства конкретної зони, району, підприємства [38].

Важливе значення має пошук та реалізація найбільш сприятливих, енергетично вигідних та екологічно прийнятних способів обробітку ґрунту під

енергетичну вербу з урахуванням ґрунтово-кліматичної зональності, структури системи, місця та глибини поверхневого та глибокого обробітків, строків їх здійснення та якості виконання.

Основний обробіток ґрунту – це один із головних технологічних процесів, який є фундаментом технології вирощування енергетичної верби. Нині в структурі технології витрати на основний обробіток ґрунту становлять в середньому 5-6%. В структурі основного обробітку ґрунту найбільші витрати займають мінеральні добрива і становлять майже 59%. Ці показники показують, що основний обробіток ґрунту є основним технологічним засобом, направленим на підвищення продуктивності енергетичної верби [40].

Теоретичними дослідженнями і практикою рекомендовані так звані класичні системи основного обробітку ґрунту – напівпаровий та поліпшеного зябу. Поліпшений зяб використовується в зонах недостатнього та нестійкого зволоження, особливо за засміченості ґрунту багаторічними бур'янами, який включає:

- 2-3 разове лущення площ дисковими лущильниками, а через 10-12 днів проводиться повторне дискове лущення, потім третє глибоке лущення на глибину 12-15 см;

- зяблеву оранку проводять наприкінці вересня – на початку жовтня після внесення мінеральних добрив.

Напівпаровий обробіток використовується в зоні достатнього зволоження і на полях, сильно забур'янених однорічними бур'янами. Він включає:

- 2-3 разове лущення поверхні поля дисковими лущильниками;

- внесення гербіциду суцільної дії;

- глибоку оранку проводять після внесення мінеральних добрив у кінці липня – на початку серпня;

- культивацію, дискування або боронування при з'явленні бур'янів, після випадіння опадів протягом усього осіннього періоду (вересень – жовтень).

На основі ретельного аналізу агрокліматичної ситуації та стану ґрунту необхідне остаточне визначення зі способом основного обробітку ґрунту.

В останні роки на практиці більше використовується напівпаровий обробіток ґрунту. Він дешевший і технологічні операції виконуються період, пік використання технічних засобів ще не наступив.

Енергетична верба відноситься до деревних рослин з інтенсивним циклом розвитку і потребує значної кількості елементів живлення. На утворення 10 тонн вегетативної маси рослини верби виносять із ґрунту 42 кг азоту, 25 кг калію, 15 кг фосфору, 45 кг кальцію та ряд інших елементів.

Вирощування енергетичної верби у промислових цілях потребує застосування мінеральних добрив, які здатні забезпечити інтенсивний ріст і розвиток рослин у рік садіння живців та наступні роки. Дози внесення мінеральних добрив під заплановану врожайність енергетичної верби визначають нормативним (за результатами польових досліджень) або балансово-розрахунковим методом. У таблиці 3.2. наведені оптимальні дози мінеральних добрив за вирощування енергетичної верби у різних ґрунтово-кліматичних умовах на ґрунтах з середнім рівнем забезпечення елементами живлення. За низького рівня забезпечення ґрунту елементами живлення дозу внесення мінеральних добрив збільшують в 1,2 рази, за підвищеного та високого – зменшують відповідно в 1,1 та 1,2 рази [41].

Головне завдання системи удобрення полягає у тому, щоб у рік садіння живців створити помірне азотне живлення рослин на ранніх етапах росту і розвитку з поступовим його покращенням у пізніші фази розвитку.

Глибока оранка проводиться оборотними плугами з метою якісного, глибокого розпушування ґрунту, загортання органічних і мінеральних добрив, пожнивних решток, бур‘янів і шкідників та створення умов для тривалого поліпшення водно-повітряного й поживного режимів ґрунту, якісного проведення подальших польових робіт. Проведення глибокої оранки поліпшує водопроникність ґрунту і накопичення в ньому води.

Висока якість оранки досягається за проведення її оборотними плугами з передплужниками. Це пояснюється тим, що пожнивні рештки попередника краще загортаються у глибший, завжди вологий шар ґрунту, де вони

Таблиця 3.2

Орієнтовані дози внесення мінеральних добрив під енергетичну вербу

Зона	Типи ґрунтів	За режимом зволоження	Внесення мінеральних добрив, кг/га, д.р. (без гною)	
			садіння	догляд
Умови достатнього зволоження, урожайність – 50 т/га				
Лісостеп	чорноземи опідзолені, темно-сірі лісові	автоморфні	N 60 P 50 K 80	N 60
	сірі лісові		N 70 P 60 K 85	N 70
	чорноземно-лучні, лучно-чорноземні, лучні	гідроморфні	N 50 P 40 K 70	N 60
	дернові, лучно-болотні, торфувато-болотні		N 80 P 65 K 90	N 80
Умови нестійкого зволоження, урожайність – 45 т/га				
Лісостеп	чорноземи опідзолені, темно-сірі лісові	автоморфні	N 60 P 45 K 70	N 60
	сірі лісові		N 65 P 50 K 80	N 70
	чорноземно-лучні, лучно-чорноземні, лучні	гідроморфні	N 50 P 45 K 65	N 60
	дернові, лучно-болотні, торфувато-болотні		N 75 P 60 K 85	N 80
Умови недостатнього зволоження, урожайність – 40 т/га				
Лісостеп	чорноземно-лучні, лучно-чорноземні, лучні	гідроморфні	N 55 P 40 K 60	N 60
	дернові, лучно-болотні, торфувато-болотні		N 70 P 60 K 70	N 80

Примітка: у процесі догляду за енергетичною вербою вносяться тільки азотні добрива один раз у три роки (після зрізування верби)

мінералізуються з утворенням підвищеної кількості гумусу, а біологічно менш активний шар вивертається на поверхню, де в умовах вільного доступу повітря збагачується доступними для рослин елементами живлення. Завдяки кращому загортанню в ґрунт пожнивних решток, бур'янів та органічних добрив поліпшується якість роботи сівалок та культиваторів на догляді [58, 59].

За ранньої оранки насіння бур'янів, що вивертається з глибоких шарів ґрунту, за сприятливих умов інтенсивно проростає, а сходи їх знищуються наступними культиваціями або гинуть від морозів. А за пізньої оранки здебільшого насіння бур'янів не встигає прорости і дає сходи тільки наступної весни, засмічуючи поля енергетичної верби.

Глибина оранки визначається видом висіваючої культури, товщиною гумусового шару ґрунту, засміченістю поля та іншими умовами.

Багаторічними дослідженнями та виробничою практикою доведено, що глибока оранка чорноземів (28-32 см) під енергетичну вербу ефективніша, ніж звичайна (20-22) та мілка (14-16 см). За глибокої оранки створюються кращі умови для життєдіяльності культурних рослин, а саме: зменшується рівень забур'яненості, ураження хворобами, ушкодження шкідниками та ін. [61].

Основними агротехнічними вимогами до оранки є — виконання її в оптимальні строки, достатнє обертання скиби, відсутність огріхів, висота гребенів не більше 5 см, висота звальних гребенів і глибина борозен не більше 7 см, відхилення глибини - до 2 см, добре розпушення ґрунту, повне загортання верхнього шару, пожнивних решток, бур'янів та добрив. Основний обробіток ґрунту поєднується із внесенням добрив. Оранку проводять слідом за внесенням добрив, не допускаючи його висушування і втрат поживних речовин.

Після глибокої оранки у міру випадання дощів і появи сходів бур‘янів поле обробляють широкозахватними агрегатами. Запізнення з обробітком призводить до укорінення бур‘янів, що робить необхідним застосування культивації. Це збільшує витрати, ущільнює ґрунт, погіршує його фізичні властивості. При вирівнюванні поверхні ґрунту слід дотримуватися певних агротехнічних вимог (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Агротехнічні вимоги до вирівнювання ґрунту

Показники	Нормативи	Допуски
Агрегат для вирівнювання ґрунту: Трактор ХТЗ-121, МТЗ-82, с.-г. машини: СП-16А+ВНІС-Р+ЗБСС-1,0 або АРВ-8, 1-01; ЗПГ-24		
Час проведення роботи	при появі бур‘янів	
Тривалість роботи, дні	2	±1
Глибина обробітку ґрунту, см	5-6	±1
Швидкість руху агрегату, км/год.	7-8	±1
Напрямок руху агрегату до оранки, градусів	10-15	±20
Розряд роботи	IV	

Осінній обробіток (вирівнювання ґрунту) забезпечує більш ранню

весняну стиглість ґрунту, активізацію біологічних процесів, а також швидке проростання бур'янів. А повесні необхідний лише дуже мілкий обробіток ґрунту (закриття вологи), що зберігає вологу і запобігає потраплянню насіння бур'янів з нижніх шарів ґрунту у верхні.

3.2.Технології садіння енергетичної верби

Найчастіше в Лісостепу висаджують сорти верби прутовидної. У Боярській ЛДС аналізували американську, європейську і скандинавську технології садіння верби та на основі цього аналізу виробили алгоритм власної української технології плантаційного вирощування верби. Вербу прутовидну можна вирощувати на різних типах ґрунтів. Цей вид відрізняється великою пластичністю і росте на ґрунтах з реакцією pH від 4,5 до 7,6. При цьому для вирощування верби бажаніші легкі ґрунти. Проектуючи закладання плантацій верби прутовидної, необхідно підбирати відповідний різновид, який дасть максимальний урожай за короткий час. Вибір саджанців енергетичної верби має тісний зв'язок з умовами росту і розвитку рослин [59, 60, 65].

Верба прутовидна розмножується вегетативно за допомогою живців від пагонів продуктивних форм верби. Правильно підготовлений живець має бути 18-19 см. При цьому пагони мають бути висотою 1,4-2,5 м, сатування (товщина) пагонів – 2,0-0,8 см. Пагони для живців заготовлюються від другої половини листопада до першої березня. Живці повинні мати 5 сплячих бруньок, бути чистими, здоровими і мати відповідну вологість.

Для створення вербових насаджень на отримання дрібних асортиментів використовуються 1-2 річні живцеві саджанці. Нарізати живці необхідно з однорічних пагонів, що вирощені на спеціальних маточних плантаціях, при цьому бажано утримуватися від заготівлі живців з верхівкової частини пагонів.

Підготовлені живці, пагони необхідно зберігати у контрольованих умовах, аби вони не висохли і зберігати здоровими – в погребах, холодильних камерах, спеціально обладнаних сховищах тощо [57, 60].

Таким чином, за садіння на плантаціях навесні, з заготівлею живців

безпосередньо перед садінням, тобто коли вже почався сокорух і почали розвиватися листки, можна отримати високий ступінь укорінення живців та досить інтенсивний ріст пагонів. Однак продуктивність таких насаджень, принаймні у перші три роки, значно поступається продуктивності аналогічних насаджень, проведених восени або навесні при заготівлі живців у кінці періоду зимового спокою. Заготівля живців у період сокоруху негативно впливає на життєздатність материнських кущів [57].

Осіннє садіння з заготівлею живців безпосередньо перед садінням та ранньовесняне з заготівлею садивного матеріалу в кінці періоду зимового спокою і зберіганні його до садіння – найбільш придатними для вирощування плантацій верб. До позитивних сторін першого варіанту належить швидкий початок росту, краще використання ґрунтової вологи, можливість проводити садіння не в стислі строки, відсутність витрат на зберігання садивного матеріалу, а до негативних – можливість висушування живців у малосніжні зими морозами та вітром. При весняному садінні цієї небезпеки немає, але збільшуються витрати на зберігання живців протягом 1,0 – 1,5 місяців, і скорочується оптимальний термін створення плантацій, так як навесні швидко пересихає ґрунт. Восени та навесні можна саджати вербу прутовидну та тритичинкову, які мають високу продуктивність за обох строків садіння.

Для забезпечення механізованої технології вирощування і збирання біомаси енергетичної верби плантації цієї культури закладають смугами по 2 рядки. Для кращого забезпечення сонячним світлом рядки рекомендується розміщувати паралельно лінії меридіани (у північно-південному напрямку). На сьогодні відомо декілька схем садіння енергетичної верби (рис. 3.1), які відрізняються між собою за шириною міжрядь між смугами та між рядками у смузі, а також віддалю між рослинами в рядку (табл. 3.4).

За європейською технологією, за якою енергетична верба вирощується у більшості країн Західної та Центральної Європи, ширина міжрядь між смугами становить 2,5 м, а між рядками у смузі – 0,75 м. За такої схеми довжина лінії

Таблиця 3.4

Параметри відомих схем садіння енергетичної верби, м

Параметри	Технології			
	Європейська	Скандинавська	Американська	Українська
a	2,5	1,5	1,52	1,4
b	0,75	0,75	0,76	0,7
n	0,3…0,6	0,3…0,6	0,3…0,6	0,3…0,6

рядків, які розміщуються на одному гектарі, становить 6154 м. Площа живлення, яка припадає на одну рослину за європейською технологією, має форму витягнутого прямокутника (рис. 3.1), сторони якого за щільності розміщення рослин 15 тис. шт./га становитимуть: L=163 см, n=41 см, а індекс форми площі живлення – k ф =3,96 (табл. 3.4).

Проаналізувавши недоліки та переваги відомих закордонних технологій, а також врахувавши ґрунтово-кліматичні умови України та традиційну для нашої країни систему машин, зорієнтовану на міжряддя 70 см, лісівники Боярської ЛДС пропонують Українську технологію вирощування енергетичної верби з шириною міжрядь між смугами a=1,4 м та шириною міжрядь у смузі b=0,7 м (рис 3.2.-3.3). Густота рослин представлена в табл. 3.5.

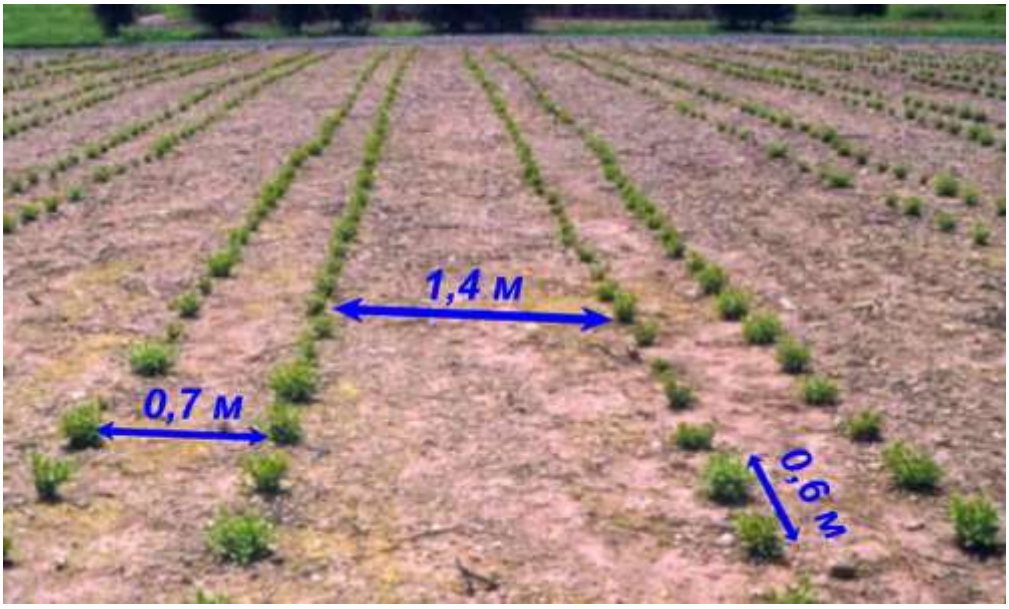


Рис. 3.1. Розміщення рослин за пропонованою Українською технологією вирощування енергетичної верби

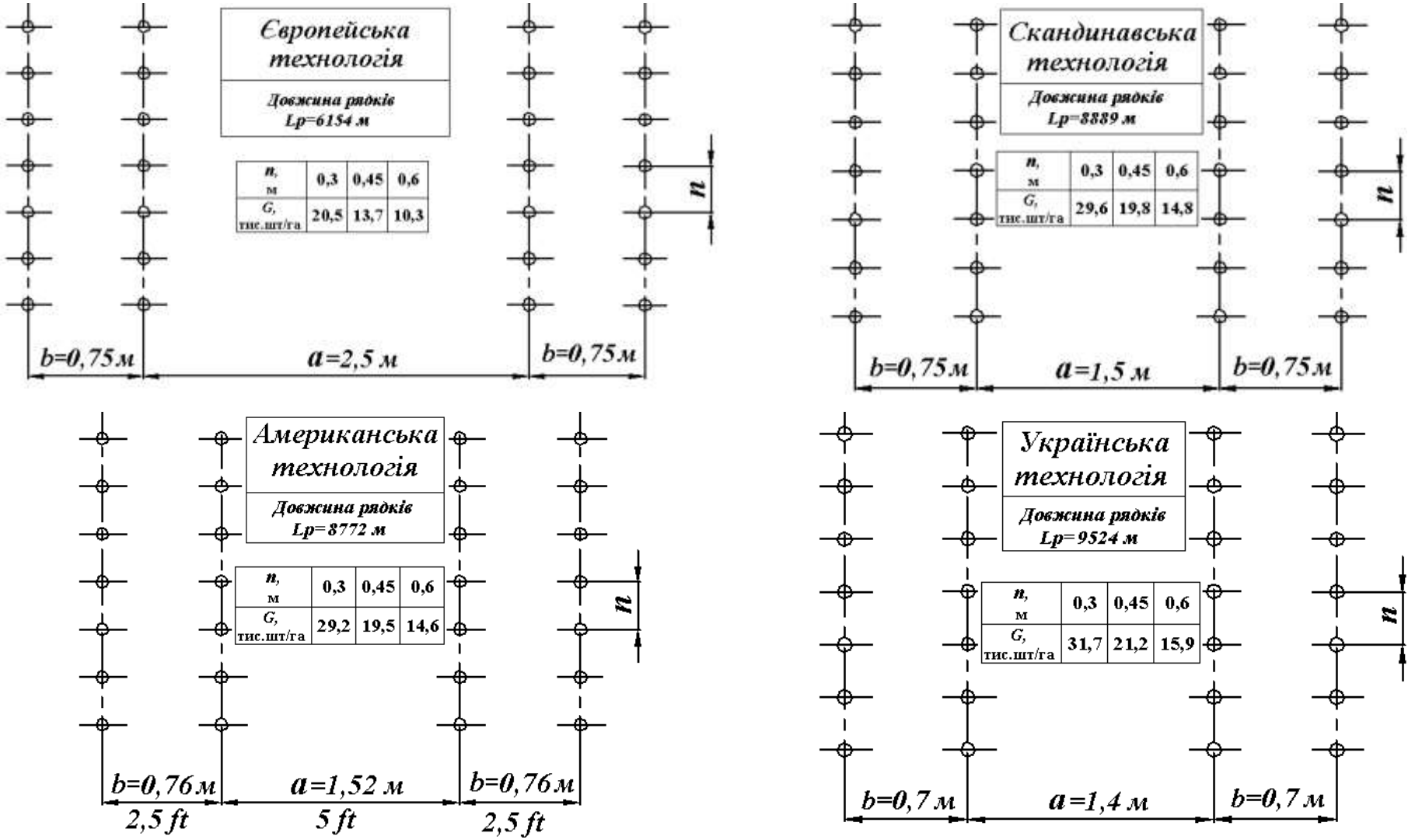


Рис. 3.2. Розміщення рослин енергетичної верби за різних технологій вирощування: (a – ширина міжрядь між смугами, b – ширина міжрядь у смузі, n – відстань між рослинами в рядку).

Таблиця 3.5

Розрахунок густоти насаджень живців верби за різними технологіями, шт./га

Крок садіння n, см	**Європейська** *(a=2,5 м; b=0,75 м, L р =6154 м/га)*	**Скандинавська** *(a=1,5 м; b=0,75 м, L р =8889 м/га)*	**Американська** *(a=1,52 м; b=0,76 м, L р =8772 м/га)*	**Українська** *(a=1,4 м; b=0,7 м, L р =9524 м/га)*
15	41026	59259	58480	63492
20	30769	44444	43860	47619
25	24615	35556	35088	38095
30	20513	29630	29240	31746
35	17582	25397	25063	27211
40	15385	22222	21930	23810
45	19753	19493	19493	21164
50	12308	17778	17544	19048
55	11189	16162	15949	17316
60	10256	14815	14620	15873
65	9467	13675	13495	14652
70	8791	12698	12531	13605
75	8205	11852	11696	12698
80	7692	11111	10965	11905
85	7240	10458	10320	11204
90	9877	9877	9747	10582
95	6478	9357	9234	10025
100	6154	8889	8772	9524

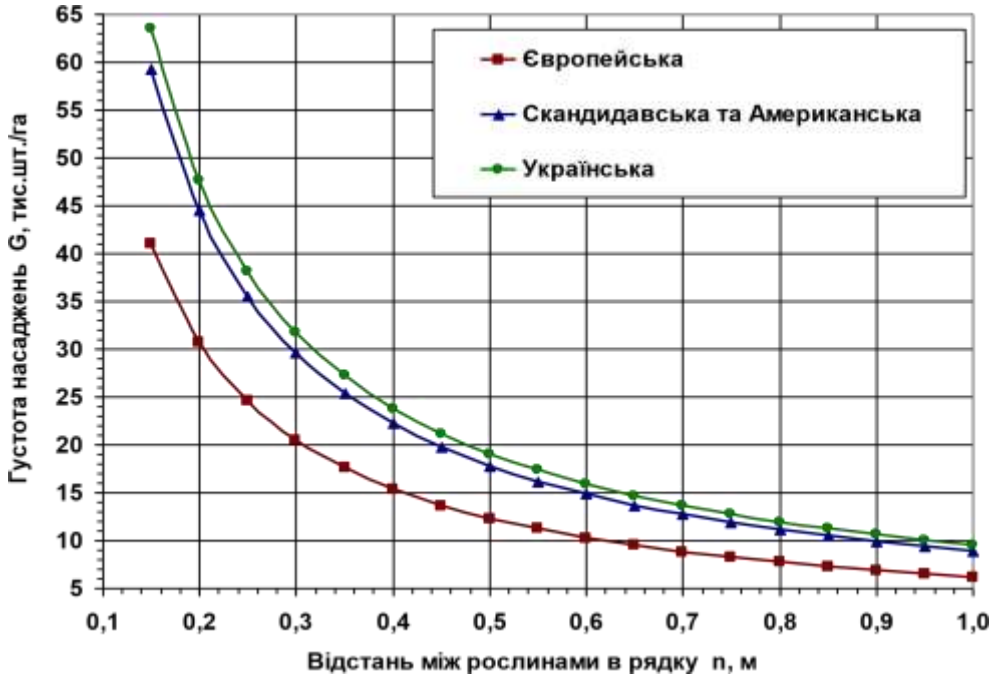


Рис. 3.3 Залежність густоти насаджень живців верби за різними технологіями від відстані між рослинами в рядку.

Механізоване садіння енергетичної верби можливе за використання 4-рядної машини, яка забезпечує розрізання пагонів верби на живці, подачу їх у садильну щілину, загортання ґрунтом та прикочування (рис. 3.4-3.5)



Рис. 3.4. Зовнішній вигляд 4-рядкової садильної машини

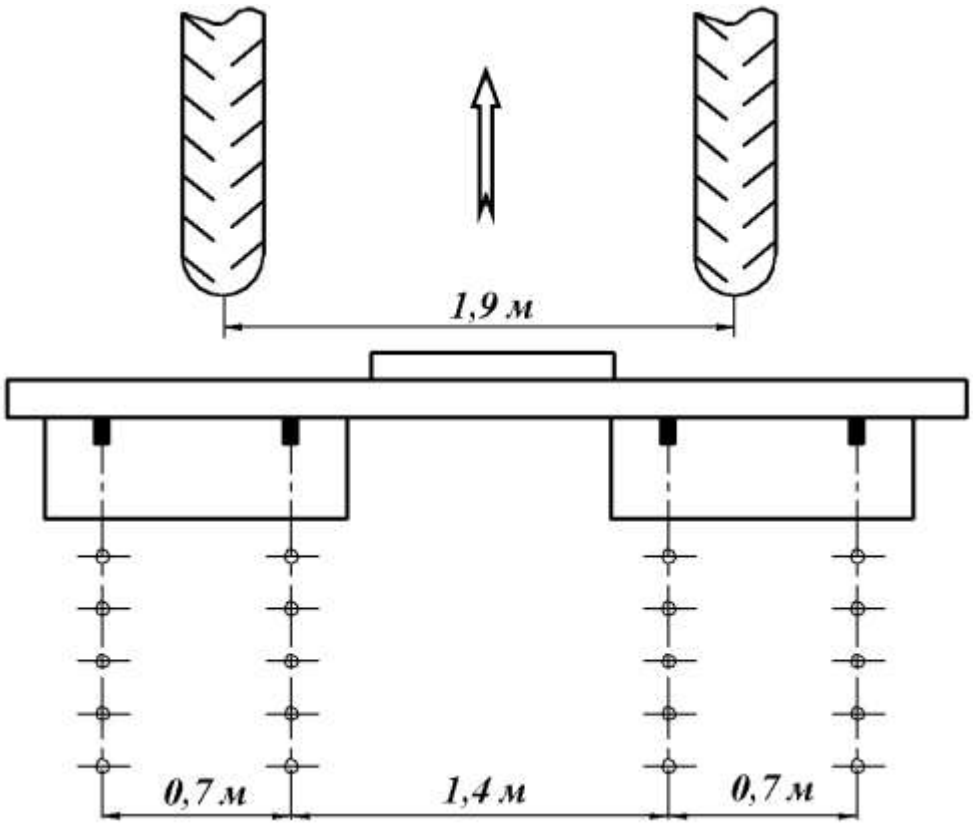


Рис. 3.5. Схема роботи 4-рядкової садильної машини

Для закладання невеликих дослідних ділянок енергетичної верби або розсадників розмноження (до 5 га) доцільно використовувати простіші за конструкцією, але менш продуктивні 2-рядні садильні машини (рис. 3.6-3.7). Під ручне садіння верби використовують агрегат для створення борозен (рис 3.8).



Рис. 3.6. Зовнішній вигляд 2-рядкової садильної машини

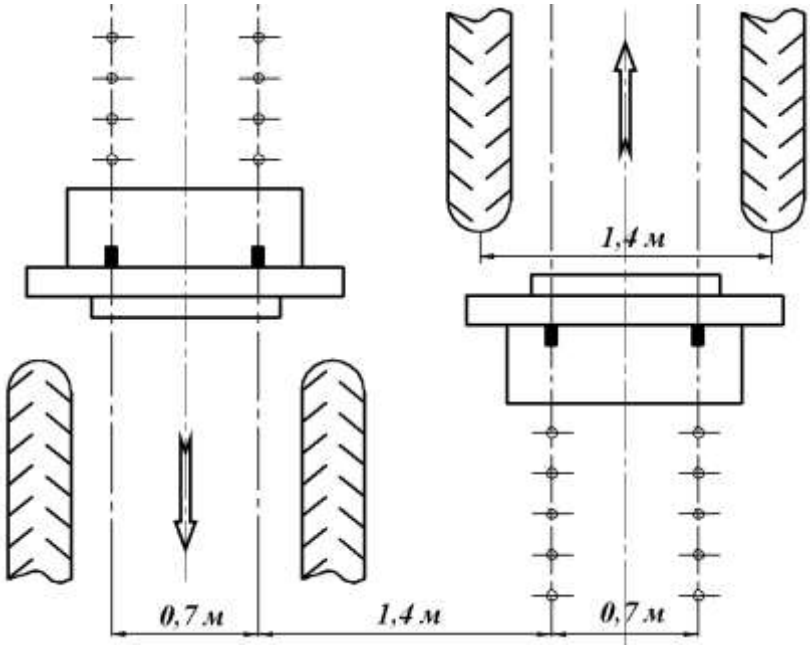


Рис. 3.7. Схема роботи 2-рядкової садильної машини

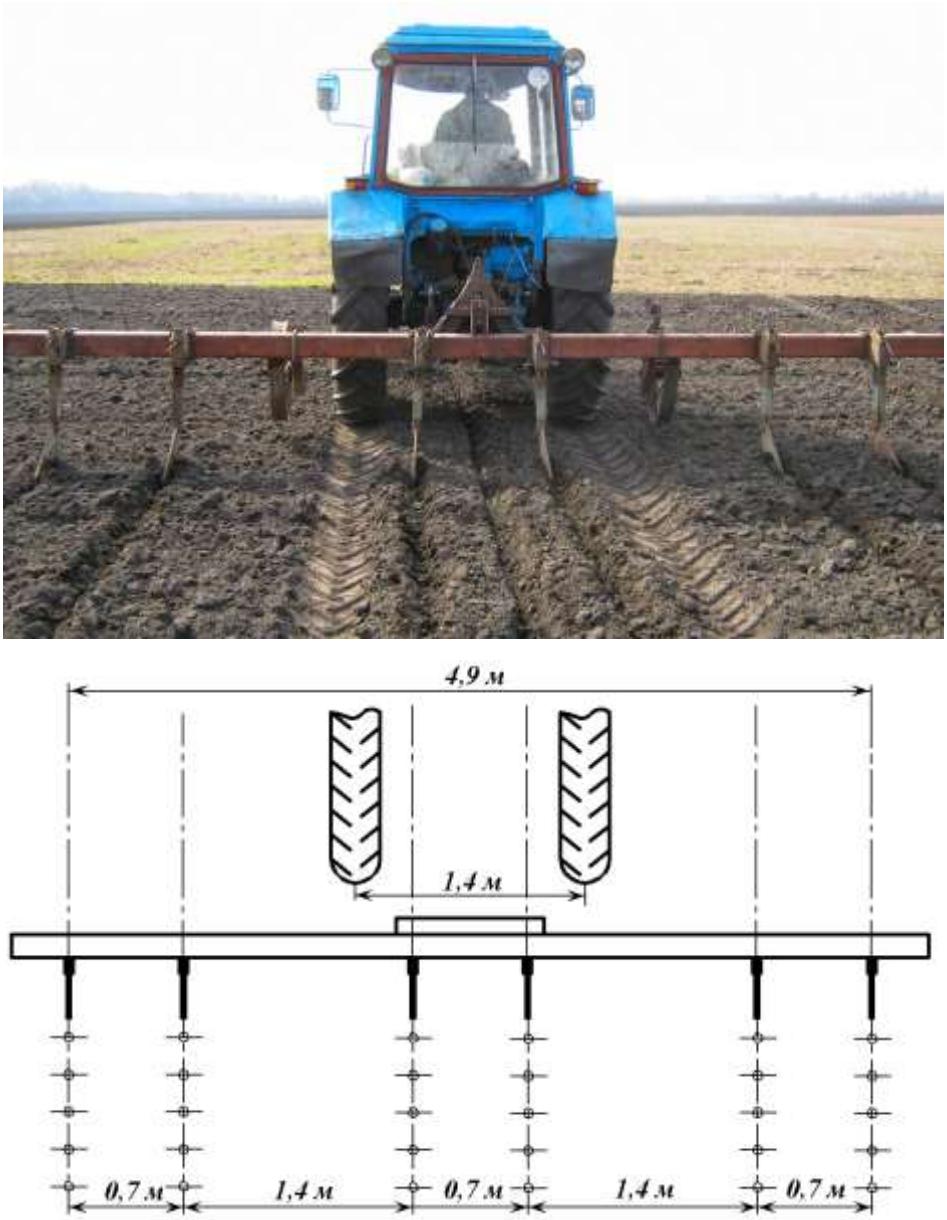


Рис. 3.8. Агрегат для створення борозен під ручне садіння живців верби

Садіння живців проводиться вертикально з виступанням відносно поверхні ґрунту 1-2 см. При садінні восени живці доцільно заглиблювати на 2-3 см відносно поверхні або присипати ґрунтом на 3-4 см, щоб запобігти їх вимерзанню, висушуванню та витисканню з ґрунту морозами.

Для садіння живців верби на великих плантаціях нині в Європі розроблено низку спеціальних машин для вирощування і збирання енергетичної верби.

Так, садильна машина Energy Planter датської компанії Egedal поки є єдиною такого типу, що працює в Україні. Вона використовується для садіння верби в основному на великих плантаціях. Продуктивність її в середньому – 1,5 га за годину, що дає можливість підвищити продуктивність при закладенні плантацій енергетичної верби. Важливим є те, що ця машина розрізає вербовий прут на живці безпосередньо під час садіння і заробляє їх у ґрунт з ущільненням його навколо живця. Це дає можливість підвищити польову схожість.

На невеликих науково-дослідних ділянках садіння живців проводять вручну (рис. 3.9.), використовуючи вузький меч Колесова або садильний штир. На місцях, де живці, посаджені восени або навесні, не прийнялися, після закінчення першого вегетаційного періоду проводиться насадження живців вручну. Після ручного садіння живців та садіння весною плантацію доцільно прикотити для більш щільного приставання ґрунту до живця.



Рис. 3.9. Живці енергетичної верби для ручного садіння

Проектуючи закладання плантацій верби прутовидної, слід підібрати

відповідний різновид, який дасть максимальний урожай за короткий час. Вибір садивного матеріалу енергетичної верби не повинен бути випадковим. Якість живців, пагонів верби тісно пов'язана з строками укорінення і ростом рослин.

Вербу прутовидну розмножують вегетативно за допомогою живців від пагонів продуктивних форм верби. Правильно підготовлений живець має бути 20-25 см завдовжки та 0,7-1,5 завтовшки. Пагони для живців заготовляють від другої половини листопада до березня. Живці повинні мати 5 сплячих бруньок, бути чистими і мати відповідну вологість. Тому найкраще живці приживаються, якщо їх перед садінням замочити у воді протягом 24-48 годин [57].

Садивний матеріал для зберігання упаковують в пачки (пагони по 50 шт., живці – по 100 шт.) і зберігають в холодильниках, погребах, спеціально обладнаних сховищах тощо.

Верхівку живців необхідно обробити фарбою з додаванням протигрибкових засобів. Таким чином садивний матеріал буде попереджено від хвороб. Крім цього, позначення кожного різновиду верби своїм кольором полегшить роботу на плантаціях.

Ряд енергетичних сортів роду *Salix* проходять випробування на Боярській ЛДС. (додаток А, рис. А.1). На дослідних ділянках представлені *S. viminalis* і *S. triandra*, шведські 'Інгер', 'Тордіс', 'Тора' та польські '1047', '082', '1057' енергетичні сорти *Salix* (додаток А, рис. А.2). Під час обстеження цих плантацій нами були виявлені на польських сортах колонії попелиці. Рослини висаджені у дворядні стрічки. Ширина між рядами у стрічці 0,4 м, між стрічками – 1 м, а відстань між у рядку між рослинами – 0,3 м.

3.3. Технологія догляду за плантаціями верби

Під час вирощування енергетичної верби важливе значення має догляд за плантаціями, який ґрунтується на застосуванні комплексу агротехнічних і хімічних засобів, що забезпечують надійне контролювання бур'янів та внесення мінеральних добрив і мікроелементів, аерацію ґрунту та затримання в ньому

вологи.

Для якісного проведення польових робіт з догляду за рослинами верби в оптимальні агротехнічні строки за раціональних затрат праці і коштів слід визначитися з необхідними технологічними операціями, видовим складом і кількістю технічних засобів.

Оптимізація технологічних операцій і технічних засобів догляду за плантаціями верби дає можливість створити необхідні (сприятливі) умови для росту і розвитку рослин, отримати заплановану оптимальну для кожного поля урожайність верби за раціональних затрат на їх вирощування і значного зменшення витрат коштів на одиницю продукції.

Аналізуючи стан та тенденції розвитку сучасного енергетичного комплексу, за застосування технологічних операцій і технічних засобів для догляду за площами верби, необхідно враховувати:

- зональність вирощування енергетичної верби, згідно з якою системи прийомів і технічних засобів для їх реалізації повинні бути адаптовані до конкретних ґрунтово-кліматичних умов;

- оптимальність застосування відповідних технологічних прийомів і машин за критерієм створення найбільш сприятливих умов для рослу і розвитку рослин, отримання максимального врожаю та їх економічної ефективності виконання, згідно з якою необхідні технологічні операції повинні визначатися для кожного конкретного поля або випадку;

- наявність гнучкої системи догляду за площами, згідно з якою для забезпечення максимальної ефективності виробництва необхідно застосовувати кілька варіантів технологічних операцій.

Догляд за плантаціями енергетичної верби включає наступні технологічні операції:

- захист енергетичної верби від бур’янів;

- розпушування ґрунту в міжряддях;

- захист верби від шкідників і хвороб.

В перший рік догляду за вирощуванням енергетичної верби, як садивного

матеріалу, так і для промислового використання, застосовують ґрунтовий гербіцид СТОМП з нормою внесення 5 л/га. Робочий розчин вноситься до проростання енергетичної верби. При вирощуванні енергетичної верби застосовується основна система захисту плантацій від бур'янів – комбінована.

Комбінована система захисту від бур'янів використовується на площах з високим рівнем присутності насіння бур'янів з недостатнім рівнем матеріально-технічного забезпечення. Ця система передбачає обов'язкове внесення в ґрунт гербіцидів, що діють у вологому ґрунті через кореневу систему, і наступних обприскувань сходів. Застосування ґрунтових гербіцидів знижує напруження в проведенні захисних заходів у боротьбі з бур'янами по сходах.

Посходові обприскування доцільно починати при з'явленні бур'янів.

Перший обробіток плантацій енергетичної верби проводять у фазі сім'ядолей у бур'янів, застосовуючи гербіцид Пантера 40 з нормою внесення 2 л/га. Науковими дослідженнями встановлено, що проти багаторічних видів злаків використовується гербіцид Пантера 40. При з'явленні нової хвилі ярих видів дводольних і злакових бур'янів слід обробити плантації знову гербіцидом Пантера 40 з нормою внесення 2 л/га. Рослини верби повинні мати не менше чотирьох-п'яти листків. Обприскування граміцидами проводять незалежно від фаз розвитку енергетичної верби (приблизно це травень місяць) [45]. Комплекс захисту плантацій проти бур'янів за чіткого дотримання регламентів роботи з гербіцидами не дає побічних ефектів і тому є прийнятним. Вимоги до внесення гербіцидів представлені в табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Агротехнічні вимоги до внесення ґрунтових гербіцидів

Показники	Нормативи	Допуски
Агрегат для внесення розчинів ґрунтових гербіцидів: трактор МТЗ-80, с.-г. машина ОП-2000-2-01, ОПК-3000		
Строк проведення роботи, дні перед садінням; дні після садіння (по вегетації)	1 5	-1

Продовж. табл. 3.6

Норма внесення препаратів, %	згідно з рекомендаціями в залежності від швидкості руху та ширини захвату агрегату. Норма на 1 га встановлюється за діючою речовиною	+5
Нерівномірність розподілу гербіцидів, %	не допускається	
Глибина загортання гербіцидів, см	згідно з рекомендаціями, адаптовано до зони	-
Спосіб руху агрегатів	прямолінійний	
Швидкість руху агрегатів, км/год.	постійна 7	±1
Ширина смуги, що обробляється розпилювачем, см	регулюється висотою розпилювачів відносно поверхні ґрунту	
Повторна обробка (перекриття захвату)	Не допускається пропусків, агрегат обладнаний маркерами, відмічати вмикання	
Оптимальна норма внесення рідини, л/га	200-250	
Швидкість вітру, м/сек.	до 3	
Температура, C^0	19	+5
Розряд роботи	VI	

Для підвищення продуктивності енергетичної верби необхідно приділяти особливу увагу заходам захисту цієї культури від шкідників та хвороб. Енергетичну вербу найбільше пошкоджують жуки та личинки хрущів, жуки листоїди і слоники, гусениці різних метеликів, попелиці, мухи та ін.

Особливо небезпечними для кореневої системи верби є ґрунтові шкідники - личинки травневого (*Melolontha melolonta* L.) та червневого (*Amphimallon solstitalis* L.) хрущів, які наносять значних пошкоджень їх посадковому матеріалу. Після садіння живців та їх укорінення вони грубо об‘їдають кореневу систему, що в свою чергу призводить до ослаблення молодих рослин, відставання їх в рості та розвитку порівняно з непошкодженими, або повної загибелі. Відтак, як наслідок, густота рослин зменшується. Контроль чисельності цих фітофагів ускладнений, оскільки ті, що знаходяться в ґрунті, зимують там, і виходять з діапаузи після садіння живців верби в ґрунт. Вони інтенсивно живляться молодими корінцями, що здебільшого призводить до негативних наслідків [40].

Одним із ефективних способів контролю чисельності цих шкідників є замочування живців у розчині інсектицидів. Перед садінням живців верби проводять замочування їх у розчинах інсектицидів системної дії з різними активними речовинами (імідаклопрід, тіаметоксам або клотіанідин) протягом одної доби (24 години) до їх садіння в ґрунт. Це дозволяє зберегти потрібну густоту стояння рослин цих культур за значної чисельності личинок старших віків травневого та червневого хрущів. При замочуванні живців верби в розчинах інсектицидів системної дії забезпечується захист кореневої системи цих рослин від личинок хрущів за рахунок створення захисної зони біля живців після їх садіння в ґрунт, а також проникнення інсектицидів у кореневу систему і збереження певної їх концентрації у корінцях упродовж періоду 30 і більше днів.

Для захисту верби від щитівки проводять ранньовесняну обробку інсектицидами по сплячих бруньках, повторно – одразу після появи личинок (спостереження за появою личинок потрібно проводити з квітня до травня) рекомендованими інсектицидами для багаторічних насаджень.

У роки масових розмножень вербової горностаєвої молі у період виходу гусениць із мін – обробка інсектицидами або біопрепаратами. Насадження, розміщені в заплавах поблизу річок і озер, необхідно обробляти тільки біопрепаратами. Контроль чисельності листогризучих шкідників здійснюється за допомогою обприскувань насаджень верби інсектицидами. Зокрема, у виробничих насадженнях цієї біоенергетичної культури за виявлення значної щільності популяції фітофагів, проводять обприскування рослин інсектицидами у рекомендованих для багаторічних насаджень нормах витрати за допомогою авіації. Проти павутинного кліща застосовують рекомендовані препарати акарицидної дії для дерев‘янистих рослин.

Основним засобом профілактики хвороб енергетичної верби є підбір видів і сортів з інтенсивним ростом і високою стійкістю до збудників. За культивування цієї культури потрібно враховувати, що верби з підроду *Salix* частіше уражуються бурою іржею, а види підроду *Vetrix* - жовтою іржею і

борошнистою росою. Не допускати розташування верби поряд з насадженнями сосни і модрини. Можливе проведення весняного або пізньоосіннього обприскування шкілок і молодих культур у сильних вогнищах цитоспорозу фунгіцидами. За появи перших уредоспороношень на листі та загрозі сильного ураження іржею та цитоспорозами рекомендується проводити обприскування рослин фунгіцидами у рекомендованих для багаторічних насаджень нормах витрати за допомогою авіації.

Розпушування ґрунту в міжряддях проводять з метою поліпшення водно-повітряного режиму ґрунту, покращення умов для росту і розвитку рослин верби у ранній період вегетації (рис. 3.10). Відмова від розпушування ґрунту збільшує непродуктивні витрати вологи з верхніх шарів ґрунту в період інтенсивного росту.

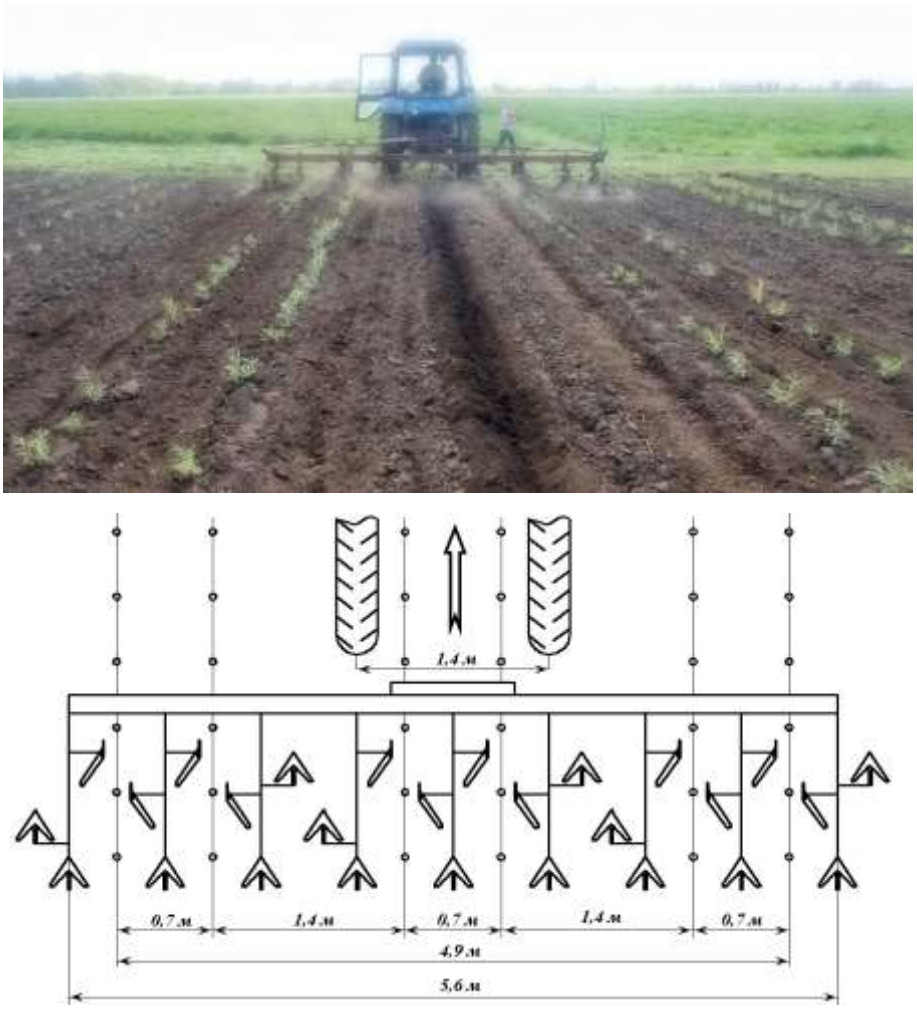


Рис. 3.10. Розпушування ґрунту в міжряддях енергетичної верби весною на базі УСМК для міжрядного обробітку ґрунту.

Міжрядні розпушування сприяють поглинанню атмосферних опадів, зменшують щільність ґрунту в разі його надмірного ущільнення. Потребу в розпушуваннях, їх частоту, глибину визначають з урахуванням таких факторів: стану розвитку рослин верби, кількості опадів, щільності ґрунту та ін. Для виконання міжрядного розпушування ґрунту також застосовують агрегати: КРНВ-5,6-02, КФ-5,4, ЛСД-3,1, ORTOLAN HC250 (роторний), HC250 (табл. 3.7)

Таблиця 3.7

Агротехнічні вимоги до розпушування ґрунту в міжряддях

Показники	Нормативи	Допуски
Агрегат: трактор МТЗ-82 (100); культиватори КРНВ-5,6-02, КФ-5,4, ЛСД-3,1, ORTOLAN HC250, HC250		
Початок проведення роботи	позначення рядків живців верби	повні сходи живців
Глибина обробітку ґрунту в міжряддях, см :	6	± 1
Ширина захисної зони рядка, см	9	± 2
Швидкість руху агрегату, км/год.	4-6	+1
Грудочок розміром не більше 20 мм, %	5	± 5
Спосіб руху агрегату	човниковий	
Строки виконання роботи	2-3 дні в одному полі	± 1
Розряд роботи	V	

Для продуктивної і найбільш ефективної роботи на розпушуванні ґрунту в міжряддях доцільно застосовувати агрегати з фрезерними робочими органами КФ-5,4, HC250, ORTOLAN HC250. На ущільнених полях і зарослих бур'янами плантаціях слід застосувати культиватори типу КФ-5,4, HC250, ORTOLAN HC250, обладнані активними фрезерними робочими органами.

3.4. Збирання енергетичної верби

Після закінчення вегетації всю наземну частину верби зрізують, прути сортують за висотою і товщиною. Також визначають гнучкість та в'язкість пруту. Для сортування за висотою використовується градація: 1-й сорт –

довжина прута 200-250 см, 2-й сорт – 150-200 см, 3-й сорт – 100-150 см, 4-й сорт – 75-100 см, 5-й сорт – 50-75 см. Прути коротші 50 см відносяться до таких, що непридатні для виробництва. Важливим критерієм при визначенні якості прута є гілкуватість. Тому доцільно використовувати сорти верби, яким властива менша гілкуватість. Найменш гілкуватий прут у верб тритичинкової та пурпурової [22, 60].

Важливою при збиранні маточного садивного матеріалу є густота. При вирощуванні пагонів густота насадження живців має становити 30000 шт./га. В результаті з 1 га отримаємо 350-400 шт. живців. Наприклад, у верби гостролистої за весняного садіння гілкуватість становить 0-1%, а при осіннього садіння – 3-7%. Значна гіркуватість пруту верби пояснюється тим, що наприкінці липня верхівку її пагонів часто пошкоджує вербовий шовкопряд-листовійка, після чого з пошкодженого місця відростають кілька пагонів [56].

Починаючи з другого року існування маточних плантацій, вони досягають значної продуктивності стандартних живцевих саджанців, а на третій рік виходять на максимальні показники продуктивності – 1,8-2,5 млн. шт./га. У подальшому кількість отримуваного садивного матеріалу залежить від погодних умов конкретного вегетаційного періоду і від застосованої агротехніки. У перший рік вирощування за сприятливих умов висота рослин становить від 1,8 до 2,4 м, кількість пагонів на 1 рослину – від 2 до 5. З метою стимулювання активного розвитку побічних пагонів скошування пагонів енергетичної верби в кінці першого року вирощування є обов’язковим прийомом. Пагони зрізуються і складуються на тимчасове зберігання до наступного року без попереднього подрібнення. Вологість біомаси в цьому випадку складе від 46 до 35%.

До збирання біомаси енергетичної верби на енергетичні цілі приступають після закінчення періоду вегетації після опадання листя, до початку нової вегетації. Зрізання пагонів проводиться на висоті 5-10 см відносно поверхні ґрунту. Якщо зрізка проводиться правильно, то верба енергійно відростає. У

цьому випадку термін експлуатації плантацій може скласти 20-25 років. Збирання може проводитися спеціальним збиральним комбайном марки «Клас» та «Ягуар», якщо він застосовується для рослин другого або третього року з невеликим діаметром пагонів.

Зрізання вирощених пагонів верби проводять у період зимового спокою. Середні і грубі пагони заготовляють за допомогою спеціальних машин. Дрібні сортименти, у більшості випадків, зрізають вручну за допомогою спеціальних ножів, секаторів або мотокущорізів. На даний час існують механізми, здатні виконувати цю важку роботу. Це відомі сільськогосподарські косарки типу КФН-1,6 та КС-2,1 (при незначному їх переобладнанні). У Західній Європі створені спеціальні комбайни, що використовуються для зрізування і переробки деревної маси на енергетичних вербових плантаціях (рис 3.11-3.14).



Рис. 3.11. Машина Destrover, призначена для рекультивації насаджень верби



Рис. 3.12. Механізована жатка для збирання біомаси енергетичної верби Модель "Claas Holzerntevorsatz HS2" для Farming / Landwirtschafts Simulator 2013 – Рабоча ширина захвату 3 м.



Рис. 3.13. Снопов'яжущий комбайн для збирання пагонів енергетичної верби, виробництво Швеція.



Рис. 3.14. Збирання енергетичної верби самохідним комбайном.

Сноповяжучий комбайн використовується для заготівлі снопів з метою подальшої сушки маси і подальшого дроблення підсушених пагонів енергетичної верби на стаціонарній дробарці.

Після закінчення терміну експлуатації насаджень верби (20-25 років від моменту створення), землі підлягають рекультивації для створення наступних насаджень верби або вирощування традиційних сільськогосподарських культур. За плантаційного вирощування, яке передбачає часте зрізування, верби формують відносно неглибокі кореневі системи, які легко видаляються за допомогою спеціальних культиваторів. Дослідження вчених та практика європейських фермерів доводять, що рекультивація земель після завершення вирощування плантацій верби не має ніяких труднощів. Технологічна карта з технології догляду за вирощуванням садивного матеріалу енергетичної верби представлена у додатку Б.

Висновок.

Таким чином, головними технологічними процесами у плантаційному вирощуванні верби є підбір місця з достатнім зволоженням, якісний передпосадковий обробіток грунту, оптимальна схема садіння рослин, механічний і хімічнний захист рослин від бур’янів, захист від хвороб та шкідників та збирання першого врожаю біомаси на 3-4 рік. За умов правильного догляду збір врожаю фітомаси можна проводити кожні три роки до 25-річного віку плантації.

РОЗДІЛ 4
ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ І ПЕРЕРОБЛЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ

Практикою використання енергетичної верби в якості біопалива доведено, що ця культура має цілий ряд переваг над іншими біоенергетичними рослинами. Перш за все, за показниками щорічного приросту сирої маси в обсязі 20 т в розрахунку на гектар, невибагливістю до ґрунтових умов, що дозволяє використовувати для посадок малопродуктивні землі, а також за довговічністю плантацій (до 25 років), стійкістю до хвороб, простотою технології вирощування та збирання, невисоким рівнем матеріально-грошових витрат на одиницю площі та маси, за виключенням перших 3 років, пов‘язаних з придбанням або вирощуванням власних саджанців, закладкою плантацій та одержанням першого урожаю [23, 60].

Позитивною стороною культивування верби є можливість її безпосереднього використання недалеко від місця вирощування у вигляді щепи шляхом спалювання у твердопаливних котлах місцевого значення, або навіть реалізації урожаю без попередньої обробки.

Виконана серія розрахунків з ефективності використання енергетичної верби за трьома варіантами:

– використання щепи з вирощеної і зібраної верби для спалювання її у місцевих твердопаливних котлах та реалізації тепла в гекакалоріях;

– переробка сировини на пелети на заводах потужністю 1,2 і 5,0 т/год. та їх у реалізація їх за ціною 100 дол. США/тонна;

– реалізація щепи без попередньої обробки з вологістю 50% за ціною 1085 грн/тонна.

Результати розрахунків приведені в табл. 4.1, 4.2, 4.3.

Результативні показники, наведені в табл. 4.1. свідчать про те, що при спалюванні щепи в місцевих котлах і реалізації тепла за існуючою ціною 1 Гкал 1105,38 грн, її виробництво стає рентабельним вже на 3-ій рік вегетації при одержанні першого урожаю сировини, а в подальшому прибутковість різко

Таблиця 4.1

Економічна ефективність вирощування біосировини енергетичної верби (*Salix*) та спалювання щепи в теплових котлах, 2023 р.

Показник	Рік вегетації							
	1-3	**4-6**	**7-9**	**10-12**	**13-15**	**16-18**	**19-21**	**22-24**
Валовий збір сировини з наростаючим підсумком, т/га	30	70	120	170	220	260	290	320
Витрати на: вирощування сировини, тис. грн/га	23,6	29,8	36,0	42,2	48,4	54,6	60,8	67,0
1 т сирої маси, грн	656	347	247	248	220	210	210	209
сировину в перерахунку на 1 т щепи з вологістю 30%, грн	1124	608	429	355	314	300	300	299
спалювання 1 т щепи, грн	159	159	159	159	159	159	159	159
Всього витрат на 1 т щепи, грн	1283	767	588	514	473	459	459	458
Обсяг щепи на 1 га, т	21	49	84	119	154	182	203	224
Кількість Гкал на 1 га (1,7 на 1 т щепи)	35,7	83,3	142,8	202,3	261,8	309,4	345,1	380,8
Виручка від реалізації, тис. грн (за ціною 1 Гкал 1105,38 грн.)	39,5	92,1	157,8	223,6	289,4	342,0	381,5	420,9
Загальні витрати на щепу, тис. грн	26,9	37,6	52,2	61,1	72,9	83,5	93,1	102,6
Прибуток на 1 га, тис. грн.	12,5	54,5	139,8	162,5	216,5	258,5	288,4	318,3
Рівень рентабельності, %	46,5	144,9	267,6	265,9	297,0	309,4	309,8	310,2
Собівартість 1 Гкал, грн	755	451	301	302	278	270	270	269

зростає – до 310%. Собівартість 1 Гкал тепла відтак знижується від 755 грн при спалюванні щепи на 3-ій рік вегетації до 269 грн. Тобто, бізнес на вирощуванні і реалізації верби за даним варіантом в сучасних умовах надзвичайно прибутковий.

Показники табл. 4.2 демонструють результати переробки верби на пелети на стаціонарних заводах потужністю 1,2 і 5,0 т на годину з наступною їх реалізацією на ринку за ціною 100 дол. США/тонна. Вони свідчать про те, що такий бізнес є також прибутковим, але у порівнянні з попереднім варіантом він менш доцільний – рівень рентабельності продажу пелет дорівнює відповідно 77,7 і 93,2%. Це тому, що значно зростають витрати на сировину – на 1 тонну пелетів потрібно витратити значно більше сировини ніж на щепу та на її транспортування до місця переробки, а також на заробітну плату

заводського

Однак, якщо виготовлені на заводах пелети спалювати в котлах і реалізовувати тепло в Гкал за ціною 1105,38 грн, то рівень рентабельності такого бізнесу зросте до 228,8% (табл. 4.3).

Таблиця 4.2

Економічна ефективність вирощування енергетичної верби (*Salix*), переробка її на пелети та спалювання в котлах, 2023 р.

Показник	Рік вегетації							
	1-3	**4-6**	**7-9**	**10-12**	**13-15**	**16-18**	**19-21**	**22-24**
Валовий збір сировини з наростаючим підсумком, т/га	30	70	120	170	220	260	290	320
Виробництво пелет, т	18	42	72	102	132	156	174	192
Витрати на виробництво сировини на:								
1 га, тис. грн	23,6	29,8	36,0	42,2	48,4	54,6	60,8	67,0
1 т сирої маси, грн	787	426	300	248	220	210	210	209
1 т пелет, грн	1311	710	500	414	367	350	349	349
Витрати на виготовлення пелет в заводських умовах, грн	668,6	668,6	668,6	668,6	668,6	668,6	668,6	668,6
Загальні витрати на 1 т пелет, грн	1980	1378	1169	1082	1035	1019	1018	1018
Прибуток на 1 т пелет (за реалізаційної ціни 1808,33 грн./т), грн	-171	430	640	726	773	790	790	791
Рівень рентабельності, %	-8,7	31,2	54,7	67,1	74,7	77,5	77,6	77,7
Виручка від реалізації пелет на 1 га., тис. грн	33	76	130	184	239	282	315	347
Витрати на 1 т з урахуванням спалення пелет в котлах, грн	2139	1537	1328	1241	1194	1178	1177	1177
Число Гкал в розрахунку на 1 га (3,5 Гкал на 1 т щепи)	63	147	252	357	462	546	609	672
Виручка з 1 га (за ціною 1 Гкал 1105,38 грн.), тис. грн	69,6	162,5	278,6	394,6	510,7	603,5	673,2	742,8
Загальні витрати на виробництво сировини, пелет і їх спалювання, тис. грн	38,5	64,6	95,6	126,6	157,6	183,7	204,8	225,9
Прибуток, тис. грн	31,1	97,9	183,0	268,0	353,0	419,8	468,4	516,9
Рівень рентабельності, %	80,9	151,7	191,4	211,7	223,9	228,5	228,7	228,8

Проте, найвищий рівень прибутковості досягається у варіанті, який передбачає реалізацію щепи без її попередньої обробки з вологістю 50% за ціною 1085 грн/т (табл. 4.3). Рівень рентабельності за даних умов дорівнює – 418,2%.

Приведені розрахунки відображають основні тенденції використання верби на тверде паливо за станом на березень 2024 р. Однак, конкретні показники можуть змінюватись залежно від зміни цін на тверде паливо, теплов

Таблиця 4.3

Економічна ефективність вирощування і реалізації енергетичної верби як сировини для біопалива (без попередньої обробки) з вологістю 50%, 2023 р.

Показник	Рік вегетації							
	1-3	**4-6**	**7-9**	**10-12**	**13-15**	**16-18**	**19-21**	**22-24**
Валовий збір сировини з наростаючим підсумком, т/га	30	70	120	170	220	260	290	320
Витрати на виробництво сировини, на:								
1 га, тис. грн.	23,6	29,8	36,0	42,2	48,4	54,6	60,8	67,0
1 т сирої маси, грн.	787	426	300	248	220	210	210	209
Витрати на виготовлення пелет в заводських умовах, грн.	668,6	668,6	668,6	668,6	668,6	668,6	668,6	668,6
Виручка (за ціною 1085 грн.), тис. грн.	32,55	75,95	130,2	184,45	238,7	282,1	314,65	347,2
Прибуток на 1 т щепи (за ціною 1085 грн.), грн.	298	659	785	837	865	875	875	876
Рівень рентабельності, %	37,9	154,9	261,7	337,1	393,2	416,7	417,5	418,2

енергію, матеріально-технічні засоби вирощування і переробки, комерційних цілей окремих підприємців, кон‘юнктури біоенергетичного ринку та ряду інших важливих факторів.

Висновок.

Таким чином, низький рівень рентабельності спостерігаєнмо на третій рік експлуатації платації. Після 15річної експлуатації рівень рентабельності стабільновисокий і складає 416,7-418,2 %.

РОЗДІЛ 5
ОХОРОНА ПРАЦІ НА БОЯРСЬКІЙ ЛДС ТА МОДЕЛЮВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ СИТУАЦІЙ

В 2024 р. робоча група ДП «Ліси України» затвердила нові Положення з охорони праці, які повністю відповідають вимогам ISO та європейським директивам. Уже розпочалося впровадження цих нововведень у Боярській ЛДС. Там пройшов перший спеціалізований тренінг.

Теоретичну підготовку для цього заходу забезпечили Дмитро Матвійчук, керівник Академії управління ризиками в системах менеджменту, Андрій Мусійовський, начальник відділу охорони праці та цивільного захисту ДП «Ліси України», і Олександр Боровицький, менеджер цього ж відділу. Вони роз'яснювали ключові аспекти нових Положень [6, 8].

1. Контроль за станом охорони праці: встановлено триступеневу систему контролю. За результатами перевірок створюватимуться чек-листи для оцінки стану безпеки.

2. Ідентифікація небезпек та оцінка ризиків: кожен підрозділ отримуватиме Карту небезпек і оцінки ризиків. Також застосовуватимуться спеціальні Матриці для визначення рівнів ризику.

3. Безпека підрядників: компанії, що надають послуги лісовому господарству, повинні дотримуватись тих самих стандартів безпеки, що й ДП «Ліси України».

4. На практичній частині учасники – керівники структурних підрозділів – отримали базові навички надання домедичної допомоги при виконанні робіт у лісі.

Ці знання є критично важливими, адже робота лісівників пов'язана з високим ризиком, зокрема під час заготівлі деревини, експлуатації важкої техніки або боротьби з лісовими пожежами.

В цілому на Боярській ЛДС відповідально ставляться до питань охорони праці, регулярно проводять інструктажі і тренінги, закуповують спецодяг та

засоби захисту для працівників.

У структурі Боярської лісової дослідної станції функціонує Дзвінківський навчально-науково-виробничий центр – головна база для проведення навчальних практик студентів Національного університету біоресурсів і природокористування України. Практика студентів є невід'ємною складовою частиною підготовки спеціалістів в Університеті. Так, у Дзвінківському ННВЦ щорічно 650 студентів проходять практичне навчання, обов'язковою умовою допущення до якого є інструктажі з охорони праці.

Перед початком практичного навчання провідний інженер з охорони праці ВП НУБіП України «Боярська ЛДС» Антон Сова проводить для студентів інструктажі з охорони праці та пожежної безпеки. Зазначимо, що Дзвінківський навчально-науково-виробничий центр відповідає усім чинним вимогам нормативно-правових актів з охорони праці. Також, під час польових робіт у розпорядженні керівників практик і студентів є аптечки з усіма основними препаратами для надання першої домедичної допомоги.

Під час застосування технології вирощування і переробки енергетичної верби є багато небезпечних процесів з підвищеними ризиками для здоров'я працівників. Одним з них є застосування гербіцидів для боротьби з бур'янами.

Гербіциди, що використовують для боротьби з бур'янами на вирощуванні енергетичної верби, належать до токсичних сполук [45]. Під час роботи з ними необхідно суворо дотримуватися вимог і положень Інструкції з техніки безпеки з використання пестицидів, мінеральних добрив та насіння:

- гербіциди вносять під керівництвом спеціаліста з захисту рослин;
- особи, що зважують гербіциди, беруть участь у приготуванні робочої рідини, заправці обприскувача, проводять обприскування, повинні бути в комбінезонах, головних уборах, гумових або брезентових рукавицях, захисних окулярах та респіраторах
- до роботи з гербіцидами допускають осіб, що не мають протипоказань щодо роботи з пестицидами, а також не допускають підлітків до 18 років, вагітних жінок і тих, що годують немовлят;

- працювати безпосередньо з отрутохімікатами дозволяють не більше 6 годин;

- обприскування штанговими обприскувачами допускається при швидкості вітру не більше 3 м/с;

- на полі, де виконуються роботи з внесення гербіцидів, повинні бути умивальник з водою, мило, рушник і медична аптечка.

Ми змоделювали небезпечну ситуацію під час внесення гербіцидів на плантацію енергетичної верби (рис. 5.1).

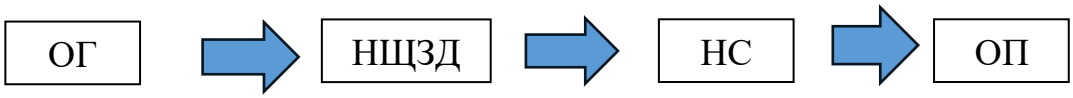


Рис. 5.1. Модель виникнення небезпечної ситуацій при механізованому внесенні геребіцидів на плантацію верби:

ОГ - обробка плантації гербіцидами;

НЩЗД – нещільно закриті двері кабіни трактора;

НС – потрапляння гербіцидів у кабіну трактора та у дихальні шляхи тракториста;

ОП – отруєння гербіцидами.

Висновок.

Дотримання простих правил безпеки при роботи з гербіцидами збережуть здоров’я і життя працівників.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Виновки:

У процесі виконання досліджень згідно програми кваліфікаційної роботи встановлено, що умови місцезростання, обробіток грунту і щільність садіння впливають на створення короткоротаційних енергетичних плантацій верб.

1. Найбільш перспективними автохтонними енергетичними видами родини *Salicaceae* є *Salix viminalis* L., *S. acutifolia, S. triandra, S. cinerea, S. purpurea, S. eleagnos* та сорти ‘Інгер’, ‘Тордіс’, ‘Тора’ ‘1047’, ‘082’, ‘1057’ енергетичні сорти *Salix* . Вони заслуговують широкого впровадження під час створення енергетичних плантацій та заліснення земель несільськогосподарського призначення.

2. В умовах недостатнього зволоження на замлях Боярської ЛДС під час закладання плантацій основним технологічним засобом обробітку грунту, направленим на підвищення продуктивності енергетичної верби є – спосіб поліпшеного зябу, який включає 2-3 разове лущення площ дисковими лущильниками, а через 10-12 днів проводиться повторне дискове лущення, потім третє глибоке лущення на глибину 12-15 см. Зяблеву оранку проводять наприкінці вересня – на початку жовтня після внесення мінеральних добрив.

3. Встановлено, що на 10 тонн вегетативної маси рослини верби виносять із ґрунту 42 кг азоту, 25 кг калію, 15 кг фосфору, 45 кг кальцію та ряд інших елементів, які необхідно поповнювати.

4. Досліджено, що глибока оранка грунту (28-32 см) під енергетичну вербу ефективніша, ніж звичайна (20-22) та мілка (14-16 см). За глибокої оранки створюються кращі умови для життєдіяльності культурних рослин, а саме: зменшується рівень забур'яненості, ураження хворобами, ушкодження шкідниками.

5. Проаналізовано переваги і недоліки американської, західноєвропейської і скандинавської технології садіння енергетичної верби і на їх основі обгрунтовану українську технологію, згідно з якою ширина

міжрядь між смугами a=1,4 м та ширина міжрядь у смузі b=0,7 м. Відповідно до української технології на 1 га можна висадити від 9524 до 63492 шт. рослин.

6. Найвищу продуктивність вербові плантації дають після 15 років експлуатації, а зальний термін її експуатації 20-25 років. Потім необхідно провести рекультивацію ділянки, внести добрива і можна знову посадити енергетичну вербу.

Пропозиції:

1. Місце під плантацію енергетичних верб слід вибирати у заплавах річок, крім приматерикової частини, на дні балок, вибалків, ярів, конусах виносу ярів та на нижніх частинах пологих схилів, де залягання ґрунтових вод у липні фіксується на глибині 0,6 - 2,0 м.

2. Через кожні два роки після зрізування верби необхідно проводити

підживлення рослин азотними добривами,доза внесення яких коливається від 60 до 100 кг/га діючої речовини і залежить від ґрунтово-кліматичних умов її вирощування.

3. Для закладання невеликих дослідних ділянок енергетичної верби або розсадників розмноження (до 5 га) доцільно використовувати простіші за конструкцією, але менш продуктивні 2-рядні садильні машини, а під ручне садіння верби доцільно використати агрегат для створення борозен.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрієнко Т.Л., Шеляг-Сосонко Ю.Р. *Рослинний світ Українського Полісся в аспектій його охорони*. Київ: Наук. думка, 1983. 216 с.
2. Брадіс Є.М. *Salix* L. Визначник рослин України / за ред. Д.К. Зерова Київ: Урожай, 1965. С. 186-193.
3. Боровик Г. Енергетичний гай. – Агросектор, 2(16). – 2007.
4. Блюм Я.Б., Гелетуха Г.Г., Григорюк І.П. Новітні технології біоенергоконверсії. К: «Аграр Медіа Груп», 2010. 326 с.
5. Верховна Рада України – Про затвердження переліків видів рослин та грибів, що заносяться до Червоної книги України (рослинний світ), та видів рослин та грибів, що виключені з Червоної книги України (рослинний світ) URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/card/z0370-21
6. Відокремлений структурний підрозділ НУБіП України «Боярська лісова дослідна станція». URL: http://blds.com.ua
7. Вісман Д. Розведення кошикової лози. Харків: Рад. селянин, 1930. 55 с.
8. Виконання заходів з охорони праці. URL: https://e-forest.gov.ua/vykonannia-zakhodiv-z-op/
9. Габрель М.С. Виробництво твердого біопалива в Україні: стан і перспективи розвитку. *Науковий вісник НЛТУ України*. Львів: РВВ НЛТУ, 2011. Вип. 21.9. С. 126-131.
10. Гелетуха Г.Г., Желєзна Т.А., Олійник Є.М. Перспективи виробництва теплової енергії з біомаси в Україні. *Промислова теплотехніка*. 2013, Т. 35, № 5. С. 48-57.
11. Гелетуха Г.Г., Желєзна Т.А., Олійник Є.М., Гелетуха А.І. Перспективи виробництва електричної енергії з біомаси в Україні. *Промислова теплотехніка*. 2013, Т. 35, № 6. С. 67-75.
12. Гелетуха Г.Г., Желєзна Т.А. Бар‘єри для розвитку біоенергетики в Україні. Частина 1. *Промислова теплотехніка*. 2013, Т. 35, № 4. С. 63-71.

13. Гелетуха Г.Г., Желєзна Т.А. Бар‘єри для розвитку біоенергетики в Україні. Частина 2. *Промислова теплотехніка*. 2013, Т. 35, № 5. С. 43-47.
14. Гелетуха Г.Г., Желєзна Т.А., Дроздова О.І. Енергетичний та екологічний аналіз технологій виробництва енергії з біомаси. Аналітична записка БАУ № 8, 2014. URL: http://www.uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-8-ua.pdf
15. Генсірук С.А., Кучерявий С.А., Гайдарова Л.Й., Бондаренко В.Д. *Зелені скарби України*. Київ: Урожай, 1991. 192 с.
16. Геоботанічне районування Української РСР. Київ: Наук. думка, 1977. 302 с.
17. Гордієнко М.І. Методичні вказівки з вивчення і дослідження лісових культур. Київ: УСГА, 1979. 90 с.
18. Гордієнко М.І., Фучило Я.Д. Морфометричні параметри та посівні якості насіння деяких представників роду Salix L. в умовах Полісся України. *Науковий вісник УкрДЛТУ*. 1999. Вип. 9, 10. С. 56-58.
19. Гордієнко М.І., Фучило Я.Д., Гойчук А.Ф. Чагарникові верби рівнинної частини України. К.: ІАЕ УААН, 2002. 174 с.
20. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2019 р. Київ, 2019. 451 с.
21. Директива 2009/28/ЕС щодо стимулювання використання енергії з відновлюваних джерел, внесення змін та подальшої зміни Директив 2001/77/ЕС та 2003/30/ЕС. URL: http://faolex.fao.org/docs/pdf/eur88009.pdf
22. Доктор К. ДП “Голланд Плант Україна” Проект Шведська Енергетична Верба. URL: www.hopu.com.ua
23. Енергетична верба: технологія вирощування та використання. Під загальною редакцією доктора сільськогосподарських наук В.М. Сінченка. Вінниця : ТОВ «Ніланд-ЛТД», 2015.340 с.
24. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. Затверджена розпорядженням КМУ № 1071 від 24.07.2013. URL: http://mpe.kmu.gov.ua/fuel/control/uk/doccatalog/list?currDir=50358

25. Закон України № 1391-XIV „Про альтернативні види палива” діюча редакція від 21.05.2009 р. URL: http:// www.zakon.rada.gov.ua.
26. Закон України № 555-IV „Про альтернативні джерела енергії” 20.02.2003 діюча редакція від 21.10.2008 URL: http://wwwzakon.rada.gov.ua .
27. Закон України «Про електроенергетику» (№ 575/97-ВР від 16.10.1997, зі змінами). URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/575/97-%D0%B2%D1%80
28. Закон України № 411-IV „Про насіння і садивний матеріал” діюча редакція від 09.12.20102 URL: http:// www.zakon.rada.gov.ua
29. Закон України про охорону прав на сорти рослин від 17.01.2002 № 2986-III URL: http:// www.zakon.rada.gov.ua.
30. Закон України про приєднання України до Міжнародної конвенції з охорони нових сортів рослин. *Державна система охорони прав на сорти рослин*. URL: http:// sops.gov.ua/uploads/files/documents/Zakon/ zakon-konv-new.html
31. Інвестиційний форум "Україна – Німеччина: спільні проекти в біоенергетиці", Київ, 21-22.07.2010 г. URL: http:// www.east - west - bioenergy.net / investiciinii - forum.
32. Іщук Л.П. Родина *Salicaceae* Mirbel.: біологія, адаптаційний потенціал, охорона та використання в Україні : дис. … докт. біол. наук: спец.: 03.00.05 ботаніка. К., 2019. 585 с.
33. Кобезьський М.Д. *Лоза, її господарське значення і розведення*. Харків: ДВКРЛ УСРР, 1936. 66 с.
34. Кулеба О. Екологічний паспорт Київської області. 2022. URL: https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/04/Ekologichnyj-pasport-Kyyivska-oblast.pdf
35. Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року http://saee.gov.ua/documents/NpdVE.pdf
36. Норми виробітку на виконання лісокультурних, лісозахисних, та протипожежних робіт. Київ: Державний комітет лісового господарства України, 2007. 32 с.

37. Норми виробітку і норми витрат пального на вирощування садивного матеріалу в лісорозсадниках. К.: «УКРДНІПРОЛІС». 2007. 78 с.
38. Ониськів М.І., Фучило Я.Д., Сбитна М.В. Особливості створення плантацій швидкорослих деревних порід. *Наук. вісн. НАУ*. 1999. Вип. 20. С. 81-87.
39. Ониськів М.І., Фучило Я.Д., Сбитна М.В. Плантаційне вирощування деревини для потреб целюлозно-паперової промисловості. *Наук. вісн. УкрДЛТУ*. 2000. Вип. 10.1. С. 147-153.
40. Ониськів М.І., Фучило Я.Д., Сбитна М.В., Логгінов В.Б., Бобко А.М. Плантаційне вирощування деревної сировини для потреб целюлозно-паперової та інших галузей промисловості. Методичні рекомендації. К.: ВЦ НАУ, 2003. 53 с.
41. Орлов О.М., Порва В.І., Лісовський В.Б. Вирощування чагарникових верб – на промислову основу. *Ліс. журн*. 1994. № 6. С. 17-18.
42. Перебора С.В. Економічні та соціальні перспективи створення та розвитку біоенергетичних плантацій швидкоростучих деревних порід в Україні. Інноваційний потенціал української науки XXI століття. Перша Всеукраїнська науково-практична (10-15 травня 2008 р.)
43. План дій по біомасі для України. URL: http:// www . biomass.kiev.ua .
44. Постанова НКРЭ «Про встановлення «зелених» тарифів на електричну енергію» (№ 567 від 30.04.2014). URL: http://www.nerc.gov.ua/?id=10756
45. Порва В.І., Лісовський В.Б. Застосування гербіцидів при вирощуванні чагарникових верб на промислових плантаціях. Лісоводство і агролісомеліорація Київ: Урожай, 1995. Вип. 90. С. 55-59.
46. Проскуріна О. В. Перспективи виробництва і застосування біопалива в Україні. Теоретичні і практичні аспекти економіки і інтелектуальної власності. 2011. № 1. С.12-15.
47. Розпорядження КМУ «Про затвердження плану заходів щодо виконання у 2013 році Загальнодержавної програми адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу (№ 157-р від 25.03.2013) URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/157-2013-%D1%80

48. Таблиці ходу росту і товарності насаджень деревних порід України. Київ: Урожай, 1969. 110 с.
49. Статистичні дані Європейської Комісії у секторі енергетики. URL: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/other_documents
50. Статистичний щорічник Україні за 2023 рік. Видання Державної служби статистики Україні, 2024. 532 с.
51. Фучило Я.Д. Види роду Salix L. в Україні та їхнє використання. *Наук. вісн. НАУ*. 1999. Вип. 17. 348-351.
52. Фучило Я.Д. Вплив умов місцезростання на ріст чагарникових верб у культурі. *Наук. вісн. УкрДЛТУ*. Вип. 5 1996. С. 270-272.
53. Фучило Я.Д. Продуктивність плантацій чагарникових верб в умовах Київського Полісся. *Проблеми агропромислового комплексу: пошук, досягнення:* Тези доп. наук. конф. проф.-викл. складу та аспірантів УДАУ. Київ: Вид-во УСГА, 1993. С.159.
54. Фучило Я.Д. Про інтенсивність утворення і енергію росту вербового прута. *Ліс. госп-во, лісов., папер і деревооброб. пром-сть.* 1990-а. № 2. С. 19.
55. Фучило Я.Д. Чагарникові верби Київського Полісся, створення та експлуатація їх плантацій. Автореф. дис. канд. с-г. наук. Київ, 1994. 22 с.
56. Фучило Я.Д. Цвітуть верби. *Лісове і мисливське господарство*. 1997. № 1. С. 29.
57. Фучило Я.Д. Особливості заготівлі і посадки зимових живців верб. *Наук. вісн. НАУ*. 1999. Вип. 19. С. 249-252.
58. Фучило Я.Д., Гойчук А.Ф., Сбитна М.В., Фучило О.Я., Фучило Д.Я. Продуктивність енергетичних плантацій верб в залежності від агротехніки їх створення. *Техногенно-екологічна безпека України: стан та перспективи розвитку*: Матеріали III Міжвузівської науково-практичної конференції (18 квітня 2008 р., м. Ірпінь). Ірпінь: Національний університет ДПС України, 2008. С. 86-88.
59. Фучило Я.Д., Ониськів М.І., Сбитна М.В. Біологічні та технологічні основи плантаційного лісовирощування. К.: ННЦ ІАЕ, 2006. 394 с.

60. Фучило Я.Д., Сбитна М.В. Верби України. К.: Логос, 2009. 200 с.
61. Фучило Я.Д., Сбитна М.В., Фучило О.Я., Фучило Д.Я. Вплив агротехніки створення енергетичних плантацій верб на їхню продуктивність. *Лісове та мисливське господарство: стан та перспективи розвитку*: Збірн. наук. статей уч. Міжнар. наук.-практ. конф. (27-29 листопада 2007 р., м. Житомир). Т.І. Житомир: ПП «Видавництво «Волинь»», ОП «Житомирська облдрукарня», 2007. С. 34-37.
62. Фучило Я.Д., Сбитна М.В., Фучило О.Я. Добір видів і форм верб (*Salix* L.) для створення енергетичних плантацій. *Лісове та мисливське господарство: стан та перспективи розвитку*: Збірн. статей уч. Міжнар. наук.-практ. конф. (2729 листопада 2007 р., м. Житомир). Т. ІІ. Житомир: ПП «Рута», 2007. С. 186-189.
63. Фучило Я.Д., Сбитна М.В., Деркач Д.Ф. Перспектива застосування видів роду *Salix L.* для створення енергетичних плантацій в Україні. *Український фітоценологічний збірник*, випуск 25, серія С Фітоекологія. 2007. С. 97-102.
64. Червона книга України. Рослинний світ / за ред. Я. П. Дідуха. Київ: Глобалконсалтинг, 2009. 900 с.
65. Черствін Г.О. Заготівля та зберігання насіння деревовидних верб. Київ: Урожай, 1966. 4 с.
66. Щокін А. Р., Колесник Ю. В., Новак А. Г., Циганков С. П. Перспективи виробництва і застосування біопалива в Україні. Екологічні системи. 2003, № 5. http://www.necin.com.ua/
67. Annual Statistical Report on the contribution of biomass to the energy system in the EU27, AEBIOM, 2011. http://ru.scribd.com/doc/73012151/2011-AEBIOMAnnual-Statistical-Report
68. Alakangas, E., Sauranen, T. & Vesisenaho, T. 1999. Production Techniques of Logging Residue Chips in Finland. Training Manual. ENE39/TOO39/99. AFB-net IV and BENET. 83 p.
69. FINBIO. 1998. Quality Assurance Manual for Recovered Fuels (REF/ RF). For Test Use. Finnish Bioenergy Association. Publications. 28 p. Jyvaskyla, Finland.

Finnish Forest Industries Federation. 1999. Facts and Figures. Statistics 1998. Helsinki 51 1999. Paino

70. European Commission, Directorate General for Energy (DG XVII). 209 p.Energy in Europe. 1998. Annual Energy Review -Special issue — December 1998, European Commission 195 p.
71. European Bioenergy Outlook. AEBIOM, 2013 URL: http://www.aebiom.org/blog/aebiom-statistical-report-2013/
72. Ishchuk L.P. Peculiarities of energy plantation forming in Right-bank forest-steppe of Ukraine. *Revista Journal of botany*. 2014. Vol. VI, Nr. 1(8). P. 91-96
73. Ishchuk L.P Analysis of willow (*Salix* L.) Flora in Ukrainian Carpathians. *Journal of botany*. 2017. Vol. IX, Nr. 1 (14). P. 50-55.
74. Ishchuk L., Tîţei V., Ishchuk H., Hrabovyi V., Rosca I., Ababii A., Doroftei V., Garstea N., Jnica N.. Biological peculiarities and quality of phytomass from Some Salix L. and Populus L. species. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, Vol. LXVI, No. 1, 2023. P. 748-758.
75. Solid Biomass Barometer. EurObserv‘ER, December 2013. URL: http://www.energiesrenouvelables.org/observ-er/stat_baro/observ/baro219_en.pdf
76. Solid Biomass Barometer. EurObserv‘ER, December 2012. URL: http://www.eurobserv-er.org/pdf/baro212biomass.pdf
77. EU Energy in Figures. Publication of European Commission, 2013 URL: http://ec.europa.eu/energy/publications/doc/2013_pocketbook.pdf
78. Thomas Nussbaumer, Michael Oser. Evaluation of biomass combustion based energy systems by cumulative energy demand and energy yield coefficient. Report for International Energy Agency and Swiss Federal Office of Energy, 2004 URL: http://www.ieabcc.nl/publications/Nussbaumer_IEA_CED_V11.pdf
79. Francesco Cherubini, Anders Hammer Strømman. Life cycle assessment of bioenergy systems: State of the art and future challenges. *Bioresource Technology*, 2011, N 102, P. 437- 451.

ДОДАТКИ

Додаток А

Дослідні плантації верб на Боярській ЛДС



Рис. А.1. Випробувальна плантація енергетичних культур



Рис. А.2. Плантація енергетичної верби сорту ‘Linnea’

Додаток Б

ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА З ТЕХНОЛОГІЇ ДОГЛЯДУ ЗА ВИРОЩУВАННЯМ САДИВНОГО МАТЕРІАЛУ
(на протязі 25 років)

Площа - 100 га

Вихід живців 1500000 шт./га або 80000 шт./га пагонів

№ п/п	Технологічні операції	Одиниці виміру	Обсяг робіт, т(га)	Склад агрегату		Норма виробітку,	Затрати праці, люд.-год	Оплата праці з нарахуванням, грн	Витрати пального, грн	Амортизація, грн	Поточний ремонт, грн	Витрати (грн) на				Інші витрати	Адміністратив-ні витрати	Разом
				трактори	с.г. машини							садівний матеріал	мін. добрива	орг. добрива	отрутохімікати			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Розділ 1. **Догляд за вирощуванням садивного матеріалу садивної верби**																		
1	Розпушування ґрунту в міжряддях	га	100	МТЗ-100	ЛСД-3,1	12,0	58,1	3386,4	9280,0	4700,0	5640,0						1150,4	966,2
2	Транспортування води (250 л/га)	л	25000	МТЗ-82	АПВ-8	300,0	583,0	33986,4	16000,0	1330,0	1380,0						2634,8	2213,2
3	Приготування і внесення робочого розчину гербіциду Пантера – 2 л/га	га	100	МТЗ-82	ОПК-3000	45,0	30,8	2431,0	4016,0	4510,0	5412,0					96000,0	5618,4	4719,4
4	Розпушування ґрунту в міжряддях	га	100	МТЗ-100	ЛСД-3,1	12,0	58,1	3386,4	9280,0	4700,0	5640,0						1150,4	966,2
5	Транспортування води (250 л/га)	л	25000	МТЗ-82	АПВ-8	300,0	583,0	33986,4	16000,0	1330,0	1380,0						2634,8	2213,2
6	Приготування і внесення розчину інсектицидів (Деціс ФЛюкс 0,4 л/га	га	100	МТЗ-82	ОПК-3000	45,0	30,8	2431,0	4016,0	4510,0	5412,0					83200,0	4978,4	4181,8

	ВСЬОГО						**1343,8**	**79607,6**	**58592,0**	**21080,0**	**24864,0**					**179200,0**	**18167,2**	**15260,0**
Розділ 2. **Заготівля садивного матеріалу пагонів**																		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
7	Скошування енергетичної верби для садивного матеріалу (пагони)	га	100	МТЗ-82	Косілки КР-1,65; Z-1,8	10,5	66,5	4449,6	5216,0	6160,0	7192,0					1150,8	966,8	25135,2
8	Заготівля пагонів (висота пагонів 1,4-2,5 м, сатування пагонів 2,0-0,8 см). Упаковка пагонів у пачки (50 шт.) Навантаження пагонів на транспорт	пач.	**133200**	вручну		1330,0	14014	575652,0					-	-		28782,6	24177,4	628612,0
9	Перевезення пагонів до місця збереження або садіння	пач.	**133200**	МТЗ-82	2ПТС-4-887А	3000,0	140,0	8160,0	736,0	2084,8	2501,8		-	-		674,2	566,2	14723,0
	ВСЬОГО ПО РОЗДІЛУ II						**14220,5**	**588261,6**	**5952,0**	**8244,8**	**9693,8**					**30607,6**	**25710,4**	**668470,2**
	Разом						**15564,3**	**667869,2**	**64544,0**	**29324,8**	**34557,8**				**179200,0**	**48774,8**	**40970,4**	**1065241,0**